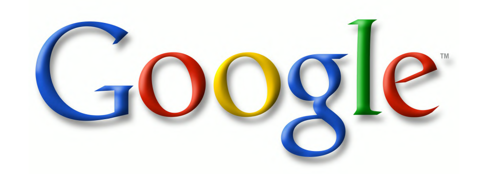
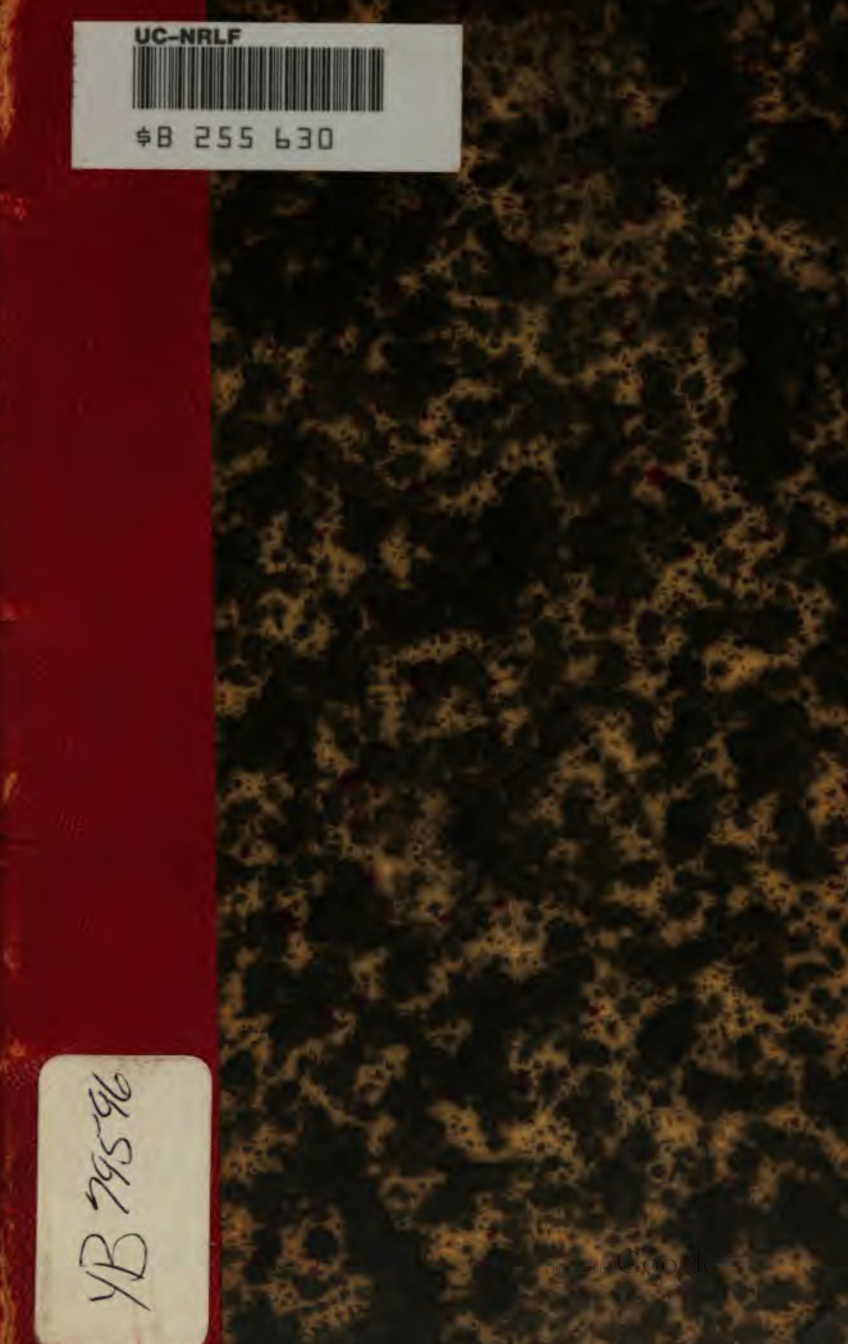





Main Lib.
Physiol. lab.
UNIVERSITY
OF CALIFORNIA
№
BIOLOGY
LIBRARY
G



J. GAUBE (du Gers)

COURS
DE
MINÉRALOGIE
BIOLOGIQUE

LES MINÉRAUX DANS LES FERMENTS
THÉORIE MINÉRALE DES FERMENTATIONS. — L'AZOTE
EST TRIBUTAIRE DU MINÉRAL
LA NUTRITION DÉPEND DE LA MINÉRALISATION
MINÉRAUX ALIMENTAIRES
ALIMENTS MINÉRAUX. — MINÉRALISATION DE L'HOMME
MINÉRALISATION DE LA PEAU ET DE SES ANNEXES

Deuxième Série



PARIS
A. MALOINE, ÉDITEUR
21, PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, 21

1899

COURS

DE

MINÉRALOGIE BIOLOGIQUE



PREMIÈRE LEÇON

(*19 mars 1897.*)

LA MATIÈRE MINÉRALE DANS LES FERMENTS, LES TOXINES, LES FERMENTATIONS ; THÉORIE DES FERMENTATIONS

Messieurs,

Pendant le semestre d'été de l'année dernière, nous avons étudié les minéraux, les métaux biodynamiques; nous avons étudié les corps bruts, la matière comme inanimée, la nature morte. Je vous ai fait pressentir le rôle important que jouait la matière minérale dans la manifestation de ces phénomènes complexes que l'on appelle la *vie*. Nous allons étudier cette année les agents de tous les actes vitaux, les *ferments*.

Dès que fut formée la première gouttelette de protoplasma informe, et de longues époques nous séparent encore de la *monère* hypothétique de

Hœckel, le protoplasme dut assurer sa conservation et son accroissement; la vie, aux limbes encore indécises et rudimentaires de son existence dut combattre, et, pour soutenir la lutte, elle se fit *ferment*, *fermentum*, de *fervere*, *être chaud*. Le dégagement de chaleur pendant la fermentation paraît être le premier phénomène qui ait frappé les observateurs.

Les fermentations, en effet, sont exothermiques et la décomposition de la matière fermentescible s'accélère d'elle-même parce qu'elle dégage de la chaleur.

Le premier ferment était donc composé de carbone, d'azote, d'hydrogène, d'oxygène combinés avec la matière minérale ambiante d'où ils étaient sortis; la vie se fit ferment c'est-à-dire capable de transformation et de multiplication sous l'influence de la chaleur et des autres forces physiques qui avaient présidé à sa naissance.

Autant pour simplifier notre étude que pour rester dans la vérité de l'Histoire naturelle et de la Chimie, je considérerai tous les ferments comme se rapprochant du type *Diastase*, le ferment amylolytique découvert par Payen et Persoz dans l'orge germée.

La matière fermentescible n'est pas moins intéressante à étudier dans son origine, dans sa constitution que le ferment lui-même; comme le ferment,

la matière fermentescible naît d'une cellule propre, tantôt à côté du ferment au sein d'un même organe, tantôt elle provient d'un organe éloigné : la graine de moutarde noire (*sinapis nigra*, L.) nous fournira un exemple frappant de l'origine simultanée du ferment et de la matière fermentescible préparés par deux ordres différents de cellules juxtaposées.

Je veux vous démontrer que la matière minérale fait partie intégrante du ferment, que le ferment est, en même temps, un composé minéral et organique ; que tout ferment privé de matière minérale est frappé d'incapacité ; que certaines fermentations peuvent se produire, *in vitro*, par la seule action de la matière minérale libre de toute matière organique.

Qu'est-ce qu'un ferment ? En l'état actuel de la vie, le ferment est un *sel organique, biochimique, formé par l'activité d'une cellule ; c'est un albuminate, une combinaison directe de la matière protéique avec un métal ou un oxyde métallique, une combinaison de la matière protéique avec un carbonate, un phosphate, un albumino-carbonate, etc., un albumino-phosphate*, etc.

Le ferment peut se représenter par la formule générale suivante :

$$M^n \; Pr^n \; , \; H^2O$$
$$M^n \; O^n \; Pr^n \; H^2O$$
$$M^n \; O^n \; Pr^n + M^n \; O^n \; Rn, \; H^2O$$

M^n représente la matière minérale ; Pr^n représente la matière albuminoïde, la matière protéique, et R^n le radical acide.

Plusieurs ferments sont juxtaposés les uns aux autres et cela se comprend puisque chaque combinaison de la matière protéique avec la matière minérale est un ferment ; les oxydases de G. Bertrand accompagnent le plus souvent les hydrastases classiques.

Voici une solution de diastase ordinaire à laquelle j'ajoute de la teinture de gaïac. Vous allez la voir virer au bleu verdâtre ; voici une solution de myrosine, la teinture de gaïac va la bleuir ; voici de la salive, par son contact, la teinture de gaïac devient bleuâtre.

Je vous montre la réaction de la teinture de gaïac parce qu'elle est plus manifeste que les autres à cause de la petite quantité de ferment oxydant contenu dans les trois substances diastasiques.

Si dans l'expression générale de cette formule : $M^n Pr^n$, $M^n O^n Pr^n$, le premier terme M^n est variable, le second terme Pr^n ne l'est pas moins ; mais, à la différence du premier, sa composition élémentaire ne change pas, seule sa constitution varie. *Le poids moléculaire de la matière protéique varie avec chaque ferment, en s'éloignant plus ou moins du poids moléculaire de l'albumine du blanc d'œuf.*

Caractères physiques des ferments. — Séchés à une température convenable, les ferments se présentent sous la forme de poudres ténues, amorphes, à peu près incolores; ils sont légèrement hygrométriques, leurs solutions dévient à gauche le plan de la lumière polarisée; la valeur de cette déviation est extrêmement variable et l'on ne peut en déduire ni la constitution du ferment ni le degré de son activité.

Les ferments donnent au toucher tantôt la sensation que donne un sable fin ; tantôt ils sont plus moelleux ; tantôt ils sont en petits blocs amorphes assez difficiles à diviser ; ils n'ont presque ni goût ni odeur.

Caractères chimiques des ferments. — Les ferments sont solubles dans l'eau à la température ambiante, dans la glycérine ; ils sont insolubles dans l'alcool fort, dans l'éther; leurs solutions sont neutres au papier de tournesol et leur coefficient dialytique est très faible ; ils font la double décomposition chimique avec les bases et les acides ; ils sont décomposés par tous les corps réputés *antiseptiques ;* ils commencent à se dissocier à + 10° C. ; et leur dissociation est complète entre 70° et 100° C. ; à 100° C. la plupart des ferments perdent leurs propriétés, tant à cause de leur

propre destruction que de l'hydrolyse de leurs éléments constituants.

Les ferments sont peu stables, ils s'altèrent rapidement à la lumière au contact de l'air humide; ferments, ils sont dévorés par d'autres ferments sécrétés par des infiniment petits dont la vie est favorisée par l'air, la lumière, l'humidité.

Les solutions des ferments portées à l'ébullition se troublent complètement et la plus grande partie précipite tandis que l'eau retient l'autre partie. C'est ce qui arrive notamment pour l'émulsine; l'albuminate précipité à 100° et l'albuminate qui reste en solution n'ont point la même composition, ni en M^n Pr^n ni en M^n O^n Pr^n R^n.

Les ferments possèdent les caractères réactionnels que j'ai assignés aux albuminates; ils précipitent par la chaleur à partir de 40° C. et le précipité est dissout en partie par les acides.

Distillés avec des corps oxydants tels que le peroxyde de manganèse, l'acide sulfurique, le bichromate de potasse, les ferments donnent les nombreux produits que fournit la matière protéique dans les mêmes conditions; quand on les brûle, ils dégagent une odeur de pain brûlé, de corne brûlée; ils laissent des cendres composées de matières minérales diverses.

Les ferments, propriété caractéristique, peuvent

transformer des quantités énormes de matière appropriée, sous un volume des plus minimes.

Je crois que l'on peut ranger les toxines à côté des ferments diastasiques ; les toxines proviennent comme les diastases, de la mise en action de la matière minérale ; les bouillons de culture perdent, en effet, pendant le développement microbien, environ 40 p. 100 de leur matière minérale.

Les toxines sont des ferments qui s'adressent principalement à la cellule nerveuse qu'elles détruisent ou qu'elles rendent réfractaire à une intoxication déterminée, pendant un temps plus ou moins long. L'action des toxines sur la plastide nerveuse n'est pas directe ; elle est le résultat d'une altération, d'une fermentation du milieu humoral qui se traduit physiquement par des coefficients de déviation polarimétrique plus élevés, en général, qu'à l'état normal (de 8 à 9 p. 100 en moyenne) et, chimiquement, par une crase plus grande de la chaux et de la magnésie dans les humeurs. Les sérums, les sucs organiques sont des solutions de toxines, je dis de toxines, car les anti-toxines sont encore des toxines. Il ne faut point considérer comme toxines, exclusivement, les albuminates d'origine microbienne ; le travail d'une cellule, en effet, est toxique pour une autre cellule qui sécrète une anti-toxine qui devient à son tour une toxine pour une cellule

voisine qui se défend par une autre anti-toxine ; ainsi la vie est le fait d'une succession de sécrétions de poisons et d'antidotes, une succession de fermentations.

L'histoire des fermentations peut se diviser en quatre périodes distinctes. La première période, de beaucoup la plus longue, commence dès que se fait jour dans l'esprit de l'homme le phénomène de l'observation. Pendant toute cette première période on entoure la fermentation d'explications d'autant plus nombreuses qu'elles sont erronées. Liebig, cependant, peut être considéré comme le chef de l'école qui voit confusément dans les fermentations de pures réactions chimiques.

La découverte de la diastase par Payen et Persoz projette une vive lumière sur les fermentations. De nombreux travaux sur les levures produits par des savants français et étrangers préparèrent la deuxième période.

La deuxième période est tout entière faite par le génie de Pasteur. Pasteur démontre que les infiniments petits, les *microbes* (Sédillot), sont les agents des fermentations, des transformations de la matière organique.

La troisième période, conséquence de la précédente, est caractérisée par l'étude des produits microbiens, par l'étude des produits de la cellule

(Bouchard), qui sont regardés comme les agents immédiats de la fermentation ; le microbe et la cellule restent de simples facteurs de la fermentation.

La quatrième période qui est liée à la troisième comme la troisième est liée à la deuxième, commence avec la *Minéralogie biologique* à laquelle ont préludé les belles recherches de Raulin, de G. Bertrand et Mallèvre et de G. Bertrand. Cette quatrième période est l'expression de la science actuelle ; la fermentation est le résultat de *l'activité chimique jusqu'ici insoupçonnée de la matière minérale sous un volume des plus réduits, soit seule, soit combinée avec la matière organique.*

Mais qu'est-ce qu'une fermentation ? Au sens le plus général du mot, *une fermeutation c'est une réaction chimique de double décomposition et une hydrolyse; une double déeomposition par les combinaisons qui se forment selon les lois de la statique chimique ; une hydrolyse par l'attaque de l'eau selon les lois de la diffusion et en rapport avec la tension des vapeurs.*

Nous allons prendre comme démonstration les exemples les plus simples.

D'après la définition que nous en avons donnée, les ferments sont des albuminates multiples agissant en vertu même de leur composition sur des

éléments de choix, je veux dire sur des éléments préparés pour la fermentation. Nous sommes obligés de n'envisager qu'une fermentation à la fois, mais la matière fermentescible sur laquelle agit le ferment à l'heure même où nous étudions son action a été préparée pour ce ferment par une autre fermentation, par un autre ferment qui a précédé le ferment actuel.

La diastase de l'orge germée est un albuminate et un albumino-carbonate de chaux contenant une légère et presque égale quantité d'acide sulfurique et d'acide phosphorique.

Analyse de la diastase de l'orge germée.

Acide phosphorique . . .	0 gr. 0625	p. 1 000
— sulfurique.	0 — 07	—
Chlore	»	
Chaux.	10 — 75	—
Magnésie	traces	
Potasse.	»	
Soude	»	
Manganèse	caractérisé	
Cuivre	caractérisé	
Acide carbonique combiné	4 gr. 20	p. 1 000
Matières extractives . . .	834 — 16	—
Azote.	4 — 72	—
Eau	128 — 00	—

Cette diastase a été préparée selon le codex français.

Les solutions limpides, à peine colorées, neutres

de la diastase se troublent par la chaleur, par les acides. Si l'on examine les précipités produits, on remarque que le précipité produit par la chaleur se compose de matière organique et de matière minérale, tandis que le précipité formé par l'acide azotique, par exemple, est exclusivement composé de matière organique, laquelle matière organique retient, malgré tout, quelques traces de cendres. La diastase se comporte donc bien comme un sel dans lequel un acide faible serait déplacé par un acide fort; la matière organique joue ici le rôle d'acide faible. La diastase est donc composée de matière organique, de matière azotée et de matière minérale en combinaison. La diastase pourrait se représenter par l'expression suivante :

$$CaO\ CO^2 + CaOPr + H^2O$$

Cette manière de comprendre la diastase nous donnerait un poids moléculaire prodigieusement grand de l'albuminoïde diastasique, 9.800, puisqu'il nous faudrait 100 grammes de cette matière protéique pour saturer 0,5712 de chaux, mais nous verrons que la matière protéique n'est pas la seule matière organique que contienne la diastase.

Quoi qu'il en soit, la diastase est un sel organique, biochimique, un albuminate calcique et un albumino-carbonate calcique.

Quel est le rôle de la matière minérale dans les fermentations? Nous connaissons, par l'analyse, la quantité de chaux que contient un poids déterminé de diastase; précipitons cette chaux par un poids exactement suffisant d'acide oxalique, filtrons, lavons le précipité, reprenons la diastase dans les eaux de lavage par l'alcool, séchons convenablement et mettons cette diastase décalcifiée en présence de l'empois d'amidon, et conduisons notre expérience de la manière suivante : plaçons un même poids d'amidon dans trois petits cristallisoirs de même capacité; ajoutons au cristallisoir n° 1 un poids déterminé de diastase décalcifiée; au cristallisoir n° 2 ajoutons un poids égal de diastase non déminéralisée; n'ajoutons aucune diastase à l'amidon du cristallisoir n° 3. Enfin jetons dans un cristallisoir n° 4, contenant un volume d'eau égal au volume d'eau des autres cristallisoirs, mais sans empois, un poids de diastase égal aux précédents; portons les cristallisoirs à l'étuve, à une température moyenne de 65° C. Nous devons obtenir ainsi le produit de l'action de la diastase décalcifiée sur l'amidon; le produit de l'action de la diastase naturellement minéralisée sur l'amidon; le résultat de l'hydrolyse sur l'amidon; nous devons pouvoir connaître également la valeur réductrice de la diastase employée, valeur que nous déduirons des autres résultats obtenus.

Demandons maintenant au polarimètre ou à la liqueur de Fehling ou à notre réactif vert ce qui s'est passé? Ils nous diront de suite : 1° que la diastase déminéralisée n'a pas fourni, au contact de l'amidon, plus de dédoublements que n'en a fourni l'eau au contact de l'amidon; 2° que l'eau seule est capable de dédoubler l'amidon! La diastase déminéralisée est donc inactive.

Prenons ensuite de la diastase normale, laissons-la travailler l'amidon; prenons la solution, filtrons, précipitons la diastase, que nous devons retrouver si elle n'a pas été détruite pendant la fermentation, ce dont nous nous assurons en traitant la solution filtrée par de l'alcool fort, légèrement éthéré; nous retrouvons, en effet, une matière albuminoïde moins soluble, malgré toutes les précautions apportées à sa préparation, et cette matière albuminoïde est pauvre en cendres. Portons à l'étuve cette matière protéique déminéralisée, en contact avec l'empois d'amidon, et nous la trouverons inactive; donc la diastase s'use pendant le travail amylolytique.

La matière organique de la diastase, non plus que le carbonate de chaux, du reste, ne peuvent point transformer séparément l'empois d'amidon, en dextrine, maltose, etc.; c'est de la dissociation de la matière minérale et de la matière organique

que naît la fermentation ; l'acide carbonique aide à cette dissociation.

Examinons une fermentation plus complexe : l'action de la *myrosine* sur la *sinigrine* ou *myronate de potassium*.

Pendant l'action de la myrosine et de l'eau sur la sinigrine il se forme du *dextrose*, du *sulfocyanate d'allyle*, du *bisulfate de potasse*, du *sulfure d'allyle*, du *sulfure de carbone*, du *soufre libre*, etc.

Analyse de la myrosine.

Acide phosphorique . . .	0 gr. 0402	p. 1 000
— sulfurique.	42 — 53	—
Chlore	»	
Chaux	29 — 25	—
Magnésie.	6 — 20	—
Potasse.	»	
Soude	»	
Manganèse	caractérisé	
Soufre non oxydé	13 gr. 52	p. 1 000
Matières extractives . . .	661 — 51	—
Azote.	24 — 99	—
Eau	120 — 00	—

On peut considérer la myrosine comme un *albuminate calcique et magnésien et un albumino-sulfocarbonate sulfuré de chaux et de magnésie.*

La myrosine agit sur le myronate de potassium à la température ambiante. Quelle est la part de la matière organique et de la matière minérale dans

cette action de la myrosine sur le myronate de potassium? La part de la matière minérale est prépondérante comme nous allons vous le démontrer; vous verrez par là, en même temps, la grande importance de l'état de la matière fermentescible dans les fermentations.

Vous savez qu'il faut désagréger l'amidon par l'eau pour que la diastase puisse le mordre; la constitution moléculaire du myronate de potassium favorise sa propre destruction par la myrosine.

Il ne vous a pas échappé que la myrosine contenait une dose relativement élevée de magnésie; les ferments qui s'attaquent aux glucosides sont généralement magnésiens, nous en trouverons un exemple remarquable dans l'*Emulsine* qui dédouble l'*Amygdaline*.

Si nous décomposons la myrosine en la privant de sa dominante minérale, la chaux, la myrosine déminéralisée reste inactive.

Voici une solution de myrosine naturelle; voici une solution de myrosine décalcifiée; nous laissons tomber dans ce verre contenant une solution de myronate de potassium un certain volume d'une solution de myrosine naturelle; vous allez percevoir de suite l'odeur caractéristique de l'essence de moutarde; nous laissons tomber dans cet

autre verre contenant également une solution de sinigrine un volume à peu près égal d'une solution de myrosine déminéralisée, décalcifiée ; vous pouvez constater qu'il ne se dégage pas d'essence de moutarde ; ajoutons à ce dernier mélange quelques gouttes de chlorure de calcium liquide ou même un fragment de sulfate de chaux, sel très peu soluble, agitons, et, tout aussitôt, vous allez constater par l'odorat l'essence de moutarde ; mieux encore, ajoutons simplement de la chaux ou de la baryte hydratées à un excès de myronate de potassium, nous obtiendrons de l'essence de moutarde et du dextrose, tandis qu'en ajoutant un excès des bases terreuses hydratées au myronate de potassium, nous aurons un sucrate, un glucosate d'oxydes terreux seulement.

Sans entrer autrement dans des considérations de physique et de chimie que comporte cette expérience, il nous est permis de conjecturer ce que peuvent devenir les phénomènes de la nutrition intime des cellules au contact d'une minéralisation inapte, défaillante ou démesurée.

Nous pouvons donc nous passer de myrosine pour obtenir de l'essence de moutarde, du myronate de potassium comme nous pourrons nous passer de diastase pour obtenir la glucose de l'amidon ; la matière minérale d'une part, l'eau d'autre part suffisent.

Est-ce à dire que la matière organique soit inutile dans la composition du ferment, dans les fermentations? Non certes, ne serait-elle présente que pour adoucir les réactions chimiques, ménager le travail chimique; mais la matière organique a un autre rôle : elle fait fonction d'acide faible, fonction d'une grande importance dans les fermentations diastasiques ; elle favorise l'hydrolyse.

Les toxines et les anti-toxines sont des albuminates et des albumino-sels terreux comme les ferments diastasiques dont nous venons de parler. Le groupement moléculaire de l'albuminoïde de la toxine n'est point le même que celui de l'anti-toxine ; il diffère du groupement moléculaire des diastases que nous venons d'analyser. Les anti-toxines sont insolubles dans une solution faible de chlorure de sodium à la température du corps, caractère qui les rapproche des *nucléo-albumines ;* tel est le cas de l'anti-toxine *diphtérique*, *tétanique*, etc.

Les toxines se dissolvent dans le chlorure de sodium et les phosphates alcalins ; ce caractère les rapproche des *globulines;* tel est le cas de la toxine *diphtérique*, *tétanique*, *malléique*, etc. Par cette dissemblance de caractères et il y en a d'autres, nous pouvons déjà prévoir que la lutte entre les toxines et les anti-toxines sera une lutte d'*albumi-*

nates à *albuminates* dont les humeurs seront le siège d'abord et les éléments cellulaires, notamment les éléments cellulaires nerveux, ensuite.

L'action initiale des toxines est, comme l'action initiale des diastases végétales, une double décomposition, et c'est de la dissociation de leurs éléments que naissent les épouvantables fermentations qui fauchent par milliers souvent les animaux et les hommes. Comment peut-il se faire qu'une action chimique provenant parfois de centièmes de milligramme d'un albuminate puisse détruire des êtres animés d'un poids énorme? Comment peut-il se faire qu'un fragment microscopique d'un cristal, égaré dans l'atmosphère d'un laboratoire, tombant dans une solution sursaturée décide de la cristallisation de la masse tout entière? L'ébranlement de la masse, la rupture de l'équilibre des forces qui maintenaient la solution a été produit par la chute du fragment de cristal, mais en vertu de cette loi qui veut que les solutions salines placées dans un milieu favorable cristallisent dans le plan de figures géométriques déterminées. Une élévation de température est corrélative de ce travail de cristallisation.

On peut considérer un être vivant, sain, comme en état d'équilibre parfait, équilibre fragile comme la solution saline, dans lequel la moindre parcelle

d'une matière capable de rompre la fragilité de l'équilibre moléculaire très instable de certains albuminates, détruit la vie ; le choc, c'est la double décomposition chimique, c'est la dissociation saline albumino-minérale.

Il y a, entre ces deux phénomènes, une différence à l'avantage des ferments ; ceux-ci se recomposent et se reconstituent pendant un certain temps, dans le même milieu, sans le secours de forces extérieures, ce que ne pourrait faire la solution saline.

L'image est grossière, sans doute, mais la susceptibilité de la matière fermentescible en général, nous permet, jusqu'à un certain point, de faire un tel rapprochement.

Analyse de la toxine de la malléine.

Acide phosphorique. .	0 gr. 656	p. 1 000
Chaux.	14 — 09	—
Azote	12 — 51	—

La *malléine* est un extrait des cultures de morve employé pour la première fois par deux vétérinaires russes, Kölning, de Dorpat, Hellemann, de Saint-Pétersbourg. Elle sert jusqu'à présent, grâce aux travaux et aux efforts de M. Nocard, à déceler la morve chez les animaux. On pratique à l'encolure, préalablement désinfectée, du cheval, une

injection de malléine diluée et si l'animal est en puissance de morve, sa température s'élève en quelques heures de 1° à 2°,5 au-dessus de la température normale ; chez les chevaux sains l'injection de malléine est sans effet ; la température reste normale. La malléine ne contient pas de ferment oxydant.

La toxine de la malléine se présente sous la forme d'une poudre à peine colorée en brun ; elle est soluble dans une solution de chlorure de sodium ou de potassium, dans les alcalis faibles. L'extraction de la toxine de la morve est délicate, longue et difficile ; il en est de même de l'extraction de toutes les toxines ; je m'étendrai longuement sur leur préparation lorsque nous en serons arrivés à l'étude individuelle de ces corps redoutables.

La malléine brute préparée à l'Institut Pasteur contient :

Toxine active. . . . 1 gr. 25 p. 1 000

On injecte ordinairement un quart de centimètre cube de malléine brute diluée dans une solution faible d'acide phénique, c'est-à-dire que l'on injecte environ 0 gr. 000315 de substance active, dont la puissance est certainement diminuée par l'acide phénique, 0 gr. 00000063 par kilogr. de poids vif

moyen. Quoique fort actives, les toxines le sont moins, toutes proportions gardées, que les extraits de bouillon de culture ; le même fait existe, pour les ferments diastasiques en général. La macération d'orge et de moutarde blanche est bien plus active qu'une solution de diastase ou de myrosine ; c'est que les bouillons de culture, les macérations sont plus riches en matière organique et en matière minérale et conséquemment les doubles décompositions y sont plus nombreuses et plus actives.

Il ne faut pas conclure de ce que les ferments sont inhabiles sans matière minérale qu'ils doivent être nécessairement minéralisés.

La papaïne de Wurtz et Bouchut, extraite du papaïer cultivé (*Carica papaya*) est un ferment digestif, peptique ; il a été préparé à l'état de pureté, c'est-à-dire exempt de matière minérale, par Wurtz. De l'albumine, de la fibrine jetées dans une solution de papaïne fixent le ferment au point qu'on peut les laver à grande eau sans que les lavages entraînent la papaïne ; mais, si l'on fait digérer le mélange ou plutôt la combinaison à une température convenable, l'albumine, la fibrine sont transformées en peptones et la papaïne reparaît.

Voici l'explication de ce phénomène en opposition apparente, avec ce que nous venons d'ap-

prendre sur la qualité des ferments : la papaïne joue le rôle d'un acide plus puissant que l'albumine, la fibrine, et se combine avec la matière minérale de l'albumine, de la fibrine ; l'hydrolyse fait le reste. En effet, si nous mettons en contact de la papaïne et de l'albumine aussi parfaitement déminéralisées que possible, nous obtenons une certaine dissociation de l'albumine, mais nous n'obtenons pas de *peptones*. Il est donc vrai que le ferment ne peut rien sans matière minérale.

DEUXIÈME LEÇON

FORMATION DE LA « DIASTASE »

Messieurs,

De temps immémorial on a utilisé la propriété que possèdent les graines germées de transformer les fécules, mais jusqu'en 1830, époque à laquelle les chimistes Payen et Persoz découvrirent la matière particulière qui donne aux graines germées leurs qualités de ferments, on ne soupçonnait pas l'origine des fermentations amylolytiques.

Payen et Persoz donnèrent au ferment qu'ils venaient d'isoler le nom de *Diastase*. Plus tard ce mot a servi pour désigner tous les ferments d'origine végétale ou animale capables de fournir de la *dextrine*, du *maltose*, du *glucose* avec l'amidon végétal ou animal; enfin la signification du mot s'est encore élargie, et l'on a appelé *diastases* tous les ferments solubles dans l'eau ou dans la glycérine et insolubles dans l'alcool fort, doués d'activités les plus diverses.

Payen et Persoz retirèrent leur diastase de l'orge

germée; c'est cette diastase prototype de toutes les autres que nous allons étudier.

L'orge contient, en moyenne :

Matière minérale . . .	24 gr. 30	p. 1000.
— azotée	137 — 00	—
Matières grasses . . .	23 — 00	—
— extractives. .	619 — 00	—
Cellulose.	56 — 00	—
Eau	140 — 60	—

Trois éléments doivent principalement nous occuper dans la composition du grain d'orge : la matière azotée, la matière extractive et la matière minérale. La matière azotée constitue la matière protéique ; la matière extractive constitue l'amidon pour la plus large part, et enfin, la matière minérale sert de point de départ à la diastase.

Analyse de l'orge séchée à 110° C.

Acide phosphorique. . .	0 gr. 75	p. 100.
— sulfurique	0 — 052	—
Chlore	0 — 021	—
Chaux	0 — 056	—
Magnésie	0 — 24	—
Potasse	0 — 42	—
Soude	0 — 073	—
Silice.	0 — 62	—
Fer	0 — 09	—
Cuivre	0 — 01	—
Manganèse	Caractérisé.	

Quand on fait une coupe longitudinale d'un grain

d'orge, on voit, à l'œil nu, qu'il est composé de deux parties distinctes : une partie périphérique grisâtre et une partie centrale blanchâtre ; la partie centrale blanchâtre est formée d'amidon ; la partie périphérique comprend la matière protéique et les sels, dans les phytocystes de Baillon. Dans le grain, de forme grossièrement pyramidale, comme dans tous les grains du reste, se trouve vers le sommet de la pyramide un organe particulier, l'*embryon*, riche en matière minérale. L'embryon se compose en allant du sommet vers la base du grain d'orge, de la radicule ou corps radiculaire, de la tigelle et de la gemmule ; la radicule représente ce qui sera la racine de la plante ; à l'extrémité opposée, sortira de la gemmule le premier bourgeon de la plante. La radicule de l'orge formée par plusieurs mamelons radiculaires est enveloppée d'une gaine *résistante* appelée *coléorhize*.

Prenons de l'orge bien sèche, réduisons-la en poudre, mettons-la à macérer pendant vingt-quatre heures dans l'eau et cherchons la diastase. Vaine sera notre recherche ; nous n'en trouverons point ; la diastase n'existe pas préformée dans le grain d'orge. La diastase est une nécessité inéluctable de la germination de l'orge ; la diastase apparaît à propos et pendant la germination de l'orge, contrairement à l'oxydase qui existe préformée dans le grain.

Comment se forme la diatase?

La germination des graines exige trois conditions indispensables : l'humidité, une température convenable, la présence de l'oxygène gazeux; sèches, les graines peuvent être conservéees pendant plusieurs années; l'humidité réveille la vie des graines; lorsque la terre ne contient qu'une quantité d'eau insuffisante, les graines ne germent pas. Les radicelles ne se développent que dans une atmosphère oxygénée et à la pression ordinaire.

Le chlore dissout dans l'eau favorise la germination, dans certaines conditions; il décompose l'eau, met l'oxygène en liberté, et cet oxygène est favorable à la germination.

Il y a des températures dites *optimum* au-dessous ou au-dessus desquelles la germination est plus lente ou arrêtée; pour l'orge la température *optimum* est 27°, 7. La lumière est également nécessaire à la germination.

La qualité de l'eau n'est pas indifférente à la germination. Les brasseurs n'ignorent pas que les eaux calcaires sont moins favorables à la germination de l'orge que les eaux douces, ce que vous vous expliquerez facilement si vous voulez bien vous reporter à la composition minérale de l'orge, vous rappeler que la chaux fournit, par échange, des sels insolubles. En s'imbibant d'eau, le grain

d'orge se gonfle, augmente de volume ; le gonflement peut augmenter le volume du grain d'orge de 15 à 38 p. 100 (Payen). Si l'on calcule l'humidité d'un grain d'orge avant son imbibition par l'eau et qu'après son imbibition on le ramène autant que possible à son humidité première en le desséchant avec précaution, on s'aperçoit qu'il a perdu 0 gr. 05 de son poids ; cette perte est due et à la dissolution de certaines de ses parties et à la perte de gaz carbonique.

Après huit ou quinze jours d'imbibition la température du grain d'orge s'élève rapidement ; la radicule commence à sortir, la gemmule gonflée s'avance lentement, marchant par degrés vers l'extrémité de la graine opposée à la radicule ; les bourgeons radiculaires se développent beaucoup plus rapidement que la gemmule. Cependant, dans les conditions les meilleures, la gemmule se développe relativement plus vite que la radicule et la quantité d'amidon soluble augmente proportionnellement à l'accroissement de la gemmule ; la conversion de l'amidon insoluble en amidon soluble avance d'un pas égal avec la gemmule, sans dépasser sa longueur, et cette transformation n'est achevée que lorsque la gemmule a atteint l'extrémité du grain opposée à la sortie de la radicule. Si, arrêtant à ce moment la germination, on des-

sèche les grains d'orge, on constate qu'ils ont perdu 10 p. 100 de leurs poids.

Reprenons maintenant un à un tous les phénomènes que je viens de vous signaler sommairement et procédons à leur analyse.

L'eau imbibe les graines ; par cette imbibition d'origine osmotique la graine gonfle en vertu de la pression osmotique, pression qui peut atteindre plusieurs atmosphères (Maquenne). Sous l'influence de la pression osmotique, les sels dissous par l'eau sont dissociés ; le milieu devient acide ; l'amidon est fragmenté, imbibé, hydraté. La matière azotée faiblement soluble dans une de ses parties, insoluble d'ailleurs, subit les différentes épreuves des bases et des acides, des échanges salins, tour à tour solubilisée et précipitée.

Les radicules aspirent l'oxygène de l'air qu'utilisent les oxydases, et l'acide carbonique, l'une des conséquences de leurs actions, apparaît sous une tension élevée ; une partie de cet acide carbonique se dégage, une partie se combine à la chaux. Pour les plantes amylacées les rapports de l'oxygène absorbé et de l'acide carbonique dégagé sont voisins de l'unité; la germination est une combustion accompagnée d'un notable dégagement de chaleur, mais elle est autre chose encore.

D'après les expériences de Boussingault, les

grainesdiminuent de poids pendant la germination; la perte porte principalement sur le carbone et les éléments de l'eau; le poids de l'azote et de la matière minérale paraissent rester à peu près invariables. Un exemple seulement : l'expérience a été faite avec la graine du froment ; elle a duré du 5 mai au 25 juin, en tout cinquante jours.

	5 MAI	25 JUIN
	Graines.	Plants.
	gr.	gr.
'Poids	1,665	0,713
Carbone	0,758	0,293
Hydrogène	0,095	0,043
Oxygène	0,718	0,282
Azote	0,057	0,057
Matière minérale	0,038	0,038

Ainsi la matière minérale et l'azote, ferments, restent fixes; les hydrates de carbone, matière fermentescible, solubilisée, dissociée, disparaissent en grande partie. L'azote et la matière minérale associés au début de la germination restent associés dans le cours de la germination et tels nous les retrouverons plus tard et si intimement liés que les expérimentateurs, ne se rendant pas compte de la nécessité de cette union, ont considéré les ferments contenant de la matière minérale comme

impurs, sans comprendre que la valeur fermentative des ferments disparaissait à mesure que disparaissait la matière minérale.

De ce que la matière minérale reste associée à l'azote dans la graine pendant la germination, il ne faut point en déduire que l'azote et la matière minérale n'y subissent pas de modification,

A mesure que gonflent les graines commencent et s'accentuent les réactions chimiques : la température s'élève ; l'acide carbonique formé aide à la rupture des parois cellulaires ; les sels terreux cèdent la matière azotée aux sels alcalins ; les albumino-sels alcalins absorbent une part de l'acide carbonique dégagé ; le milieu intérieur de la graine devient acide, mais acide non point par la présence d'un acide particulier, mais par la formation de sels acides provenant des phosphates dialysés principalement, comme nous l'ont démontré les analyses répétées que nous avons faites au début et pendant les premiers jours de la germination ; enfin une part de la matière azotée est entraînée par les sels de chaux qui précipitent et sont aussitôt solubilisés par la présence de l'acide carbonique ; chose singulière, malgré la présence d'oxydase, la matière azotée ne paraît subir, à aucun moment, un commencement d'oxydation ; l'oxydase, d'ailleurs, n'est point le ferment, ou plutôt la matière pro-

téique n'est point la matière fermentescible de l'oxydase ; mais la matière azotée subit une espèce de digestion, elle s'hydrate, elle se peptonise, et c'est sous cette forme d'un groupement moléculaire nouveau que nous la trouvons combinée à la chaux, en combinaison soluble, peu dialysable parce qu'elle est devenue un sel de chaux, un albumino-sel calcique, que la dialyse détruit; une partie de la matière azotée reste, en effet, sur le dialyseur.

On rencontre, parmi les produits de la germination, en dehors des peptones dont nous venons de parler, de la leucine, de la tyrosine qui subit, elle, l'influence des oxydases ; de sorte que la germination est une digestion par hydratation, selon le plan général des digestions en milieu acide, avant d'être une combustion.

Pendant les premières périodes de la vie, l'assimilation de la matière minérale est telle qu'elle compense et au delà la perte de la matière organique.

Nous retrouvons dans la germination, dans le développement de l'embryon, la vie végétative en miniature, pour ainsi parler ; l'eau est l'agent actif du réveil de la vie et elle poursuit son action durant tout le cycle vital que parcourt l'embryon.

La matière azotée se reconstitue à mesure qu'elle

est détruite, tout comme le carbone, l'élément le plus essentiel et le plus indispensable des tissus (Duclaux) se fixe à mesure que s'usent les éléments carbonés embryonnaires.

La diastase, qui n'est pas autre chose qu'une albumine hydratée, née de la première action de diffusion des sels et des albumino-sels par l'imbibition et les forces physiques telles que tension de vapeur, chaleur, etc., conséquences de cette imbibition, n'entre en action qu'après la désagrégation et le gonflement de l'amidon et elle continue l'action que l'eau ne saurait plus soutenir, car la résistance de la graine est vaincue et par conséquent les pressions osmotiques sont très affaiblies.

Pour résumer, en peu de mots, tous les développements, insuffisants sans doute, mais encore trop longs pour vous, je dirai qu'il ressort clairement de tout ce que je viens de vous exposer :

1° Que les graines se laissent facilement pénétrer par l'eau ; 2° que l'eau d'imbibition acquiert dans la graine une tension considérable d'où résulte la dissociation des sels ; 3° que l'eau attaque les matières ternaires de la graine ; 4° que la dissociation saline attaque les matières quaternaires sans perte d'azote au début, par simple hydratation ; 5° que la formation de la diastase est le résultat de ces forces combinées, au moment de

de la germination; 6° que son rôle est de continuer l'action des forces physiques puissantes désormais sans effet utile.

Non seulement la diastase de l'orge germée, mais beaucoup d'autres diastases se rencontrent comme elle dans les cellules en voie de développement; elles accompagnent les premières manifestations de la vie. La diastase de l'orge germée, elle a cela de commun avec les diastases animales, n'existe pas, nous venons de le voir, dans le grain d'orge, avant la germination. Nous allons vous démontrer que la germination, c'est-à-dire, que la formation de la diastase, ne peut se faire sans matière minérale; que la matière minérale que possèdent les graines ne peut seule suffire, sans le secours d'autre matière venue du dehors, si ce n'est dans certaines conditions de température sur lesquelles nous nous expliquerons.

Bœhm a constaté dans des expériences répétées que les jeunes plantes élevées dans l'eau distillée, mouraient toujours avant d'avoir épuisé leurs réserves. Dehérain et Bréal, de leur côté, ont remarqué que les jeunes plantes absorbaient avec avidité les matières minérales dissoutes; que les graines germaient mal dans l'eau distillée, tandis qu'elles évoluaient normalement dans l'eau de fontaine, dans l'eau minéralisée.

Von Lienberg croit que certaines graminées sont privées d'une quantité suffisante de matière minérale, de chaux notamment, pour évoluer et il explique ainsi la nécessité pour la jeune plante d'en puiser au dehors.

L'analyse nous a démontré qu'un grand nombre de graines animales se trouvent dans les conditions défectueuses que Von Lienberg a constatées dans les graines végétales ; un grave devoir incombe au physiologiste, au médecin, du fait de cette démonstration.

Dehérain a établi que des graines semées dans l'eau distillée dont l'évolution s'arrêtait à la température ordinaire évoluaient complètement quand on les maintenait à une température de 30 à 35° C. ; l'élévation de la température semblait remplacer l'excitation germinative de la matière minérale dissoute dans l'eau de fontaine. L'explication de ce phénomène me paraît des plus simples. La graine portée à une température relativement élevée se retrouve dans les conditions où elle se trouvait lorsque au début de la germination elle était gonflée, imbibée d'eau, au moment où, soumise à une pression intérieure énorme, elle commençait à fabriquer la diastase en prévision même de la chute de cette pression, véritable acte de défense, dirait Richet, et des conséquences qui en

résultent. La diffusion, la dissociation des sels continuent sous l'influence de la tension de vapeur qui est de près de 42 millimètres à 35° C., exactement 41°,8 (Regnault), et les modifications que nous avons déjà décrites se reproduisent dans l'intérieur de la graine; la température vient ajouter à l'action de la diastase; avec l'eau minéralisée la double décomposition chimique remplace la diffusion saline; ainsi la matière minérale soumise à l'influence des forces physiques est indispensable aux premières manifestations de la vie; telle nous l'avons démontrée indispensable au maintien de la vie l'année dernière.

Nous avons vu dans la première leçon qu'un ferment oxydant accompagnait la diastase; le ferment oxydant ne naît point dans les mêmes conditions que la diastase; le ferment oxydant est un ferment respiratoire; il absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique. Les hydratations et les oxydations sont les deux manières de transformer la matière qu'emploie la nature au sein de l'organisme. La diastase végétale et l'oxydase végétale ont leurs analogues dans le règne animal.

Le grain d'orge arrivé à maturité ne contient pas de diastase préformée; la plupart des ferments diastasiques d'origine animale n'existent point préformés dans les glandes; ils se forment

au moment même du travail glandulaire et imprègnent les glandes ; la ptyaline, le ferment amylolytique du pancréas sont dans ce cas.

Certaines graines arrivées à maturité portent des ferments diastasiques préformés ; telles sont les graines de vesce, de lin, de chanvre, etc. ; certains ferments diastasiques animaux, l'*invertine*, la *lipase* (Hanriot), qui se rencontrent dans tous les tissus de l'économie animale existent probablement préformés dans les glandes, car ils ne leur sont point spéciaux.

Les diastases proprement dites sont très répandues dans le règne végétal et dans le règne animal.

On rencontre sur le trajet du tube digestif, en allant de son origine vers son extrémité : la *ptyaline* ou diastase salivaire ; la diastase hépatique ; la diastase, ou mieux les diastases pancréatiques ; le ferment inversif de l'intestin grêle qui transforme le saccharose en glucose et lévulose ; la ptyaline est sécrétée par les glandes salivaires ; la diastase hépatique par le foie ; la diastase pancréatique par le pancréas et enfin le ferment inversif est sécrété par la muqueuse de l'intestin grêle.

L'étude de chacun de ces ferments aura pour nous un attrait particulier, car nous trouverons partout les mêmes éléments minéraux présidant

aux mêmes actions fermentatives qui s'exerceront sur une même matière fermentescible; ainsi, le suc cœcal du cheval contient une diastase tout particulièrement apte à transformer l'amidon de l'avoine.

Nous pouvons établir une ligne de démarcation bien nette, mais, en définitive, plus apparente que réelle entre les ferments d'origine végétale et les ferments d'origine animale : les ferments d'origine végétale sont des albuminates accompagnés d'albumino-carbonates, tandis que les ferments d'origine animale sont des albuminates accompagnés d'albumino-phosphates.

La formule générale des ferments végétaux pourrait se traduire par l'expression suivante :

$$Pr^n M^n O^n + M^n O^n CO^2 + H^2O;$$

tandis que la formule générale des ferments animaux pourrait s'écrire :

$$Pr^n M^n O^n + M^n O^n Ph O^5 + H^2O.$$

Je vous ai démontré l'année dernière que le phosphate le plus répandu dans l'économie était le phosphate dimétallique.

La différence de composition entre les ferments végétaux et les ferments animaux trouve son explication dans le fait suivant : les phosphates, l'acide phosphorique occupent le second plan dans la

végétation des plantes quoique leur présence soit absolument indispensable à leur complet développement; les phosphates, chez les végétaux, ne sont destinés, en dernière analyse, qu'à la formation de la graine, fait capital assurément, épisode téléologique de l'évolution du végétal, mais épisode de l'évolution; je vous ai rappelé l'année dernière que les jeunes pousses, les jeunes feuilles étaient beaucoup plus riches en acide phosphorique au moment de leur apparition qu'à la fin de leur développement; alors le phosphore les abandonne pour se diriger vers la graine. Chez l'animal, chez l'homme principalement, les phosphates sont présents et nécessaires à tous les actes de la vie, et si, comme chez les végétaux, ils quittent les divers points de l'organisme pour se porter vers le cerveau en travail ou vers les glandes séminales en fonction, leur migration n'est point aussi étroitement unie aux fonctions de reproduction. En dehors des actes physiologiques qui leur sont communs, on peut dire que la vie des plantes est une condensation continue d'hydrates de carbone et que la vie des animaux est une réduction continue de composés phosphorés. Cette manière d'être de la vie, nous la constatons dans la composition des ferments, causes et résultats de l'activité cellulaire : la diastase végétale est un albuminate et un albumino-

carbonate calcique; la diastase salivaire est un albuminate et un albumino-phosphate calcique.

De même que l'on rencontre de l'acide phosphorique, de minimes quantités de phosphates dans les ferments végétaux carbonatés, de même on rencontre de l'acide carbonique, de minimes quantités de carbonates dans les ferments animaux phosphatés.

Les ferments animaux sont encore plus complexes que les ferments végétaux; ainsi le ferment pancréatique est un ferment amylolytique, oxydant, émulsif, peptique. Dans le suc pancréatique chacun de ces ferments est gouverné par une minéralisation propre, ce qui permet, à défaut d'autre moyen de les distingner l'un de l'autre : la *soude* accompagne le ferment émulsif, la lipase; la *chaux* accompagne le ferment amylolytique, etc.

Les ferments animaux naissent dans les mêmes conditions physiques de milieu que les ferments végétaux. En effet, la physiologie nous enseigne que la quantité de sang, d'eau par conséquent, augmente dans la glande au moment de la sécrétion; que la pression est plus grande dans les canaux excréteurs des glandes que la pression sanguine; que la température des glandes en activité peut s'élever d'un degré à un degré et demi au-dessus de la température du sang.

Il faut une certaine préparation des glandes, disons mieux, il faut toutes les conditions précédentes réunies, pour la sécrétion d'un ferment ayant toutes ses qualités. Si, par l'excitation de certains filets nerveux on peut augmenter la quantité des sécrétions glandulaires on ne peut augmenter dans les mêmes proportions la sécrétion du ferment et souvent il est altéré dans ses qualités.

La qualité histologique de la glande, la qualité du sang qui la baigne, la qualité de la graine, la qualité de l'eau qui la baigne jouent aussi un rôle important pour la valeur du ferment sécrété ; l'orge anglaise germe plus vite et donne des produits de saccharification plus rapides que l'orge d'hiver.

Quoi qu'il en soit, que nous considérions la formation de la diastase dans le grain d'orge au moment de la germination, dans le grain de *Vicia sativa* pendant la maturation, dans les glandes des animaux, nous la trouvons toujours sous la dépendance de forces physiques agissant directement sur la matière minérale et par elle indirectement sur les corps ternaires et quaternaires.

TROISIÈME LEÇON

PRÉPARATION DE LA DIASTASE. ACTION DE LA DIASTASE

Messieurs,

La *diastase*, du grec διαστασίς, *disjonction*, est un sel biochimique, un albuminate calcique et un albumino-carbonate calcique qui disjoint les atomes de l'amidon, car la dextrine, premier terme de la transformation de l'amidon par la diastase, est isomère de l'amidon ; les atomes de l'amidon sont disjoints par la diastase et rangés différemment.

Payen et Persoz paraissent avoir adopté le mot *diastase* parce que pour eux il signifiait *séparation*, *disjonction*, substance qui sépare l'amidon des autres substances qui l'accompagnent.

La diastase est formée par l'orge germée ou *malt ; malt* est un mot anglais dérivé de l'allemand ancien *melzen, se ramollir*, qui exprime l'état de l'orge ramollie pendant la germination.

On peut extraire la diastase par des procédés différents. La manière dont on extrait la diastase a une grande influence sur la qualité du ferment.

La diastase peut se retirer d'une infusion d'orge moulue, infusion faite à une température moyenne de 30° C. Quelques auteurs conseillent de porter cette infusion à 70° C., afin de précipiter les matières albuminoïdes autres que la diastase et de précipiter ensuite la diastase par l'alcool absolu; c'est un mauvais procédé parce que la diastase est altérée à 70° C., et même au-dessous.

La diastase peut être précipitée de ses solutions aqueuses par fractions, en ajoutant de temps à autre à l'infusion ou à la macération de malt de l'alcool par petites quantités; ce procédé n'a que les apparences du raisonnement pour se justifier; on prétend, par ce moyen, précipiter les matières albuminoïdes et peu de diastase; c'est une utopie.

On a recommandé de préparer la diastase en la précipitant sous la forme d'albumino-phosphate de chaux; cette manière de faire mérite quelque examen, non point qu'elle soit bonne mais parce qu'elle nous montre une fois de plus la grande affinité de la matière protéique pour la matière minérale, parce qu'elle est un exemple de double décomposition chimique à laquelle prend part le ferment amylolytique. Ainsi, on ajoute à une macération d'orge germée faite aux environs de 0°, une certaine quantité d'acide phosphorique trihydraté qui ne précipite pas l'albumine, comme vous le

savez ; après une demi-journée de contact on neutralise la liqueur par l'eau de chaux ; il se forme du phosphate de chaux insoluble que l'on recueille sur un filtre ; on laisse égoutter le filtre puis on lave le précipité avec de l'eau légèrement acidulée par l'acide phosphorique. Les lavages dissolvent la diastase qui a été entraînée par le phosphate calcique et elle est précipitée dans les eaux de lavage par l'alcool absolu.

En faisant agir l'acide phosphorique sur une solution de diastase obtenue par macération, on déplace l'acide carbonique ; il se forme du phosphate. des phosphates de chaux, du phosphate monocalcique et la diastase est mise en liberté en même temps que l'acide carbonique ; en ajoutant de l'eau de chaux à la préparation acide il se forme du phosphate de chaux insoluble, et, ce phosphate de chaux en se précipitant, entraîne la diastase, non point comme on le croit, *mécaniquement*, mais en combinaison albumino-phosphatée calcique, et la preuve, c'est que de simples lavages par l'eau ne donnent que fort peu de diastase, des traces de diastase en combinaison albumino-phosphatée soluble. En lavant le précipité de phosphate de chaux avec de l'eau acidulée par l'acide phosphorique, vous détruisez le sel double albumino-phosphaté, vous déplacez la diastase qui abandonne,

en grande partie, la chaux dont elle s'était emparée, avec laquelle elle s'était combinée ; vous avez altéré le ferment végétal, vous avez fait d'un albumino-carbonate calcique un albumino-phosphate calcique, vous avez fait d'un ferment végétal, d'une diastase végétale, un ferment animal, une diastase animale.

Le produit obtenu est une poudre blanche, amorphe, soluble dans l'eau et dans l'alcool faible, insoluble dans l'alcool fort, n'ayant plus les caractères généraux des albuminoïdes; les solutions de cette matière azotée ne sont pas précipitées par l'acétate basique de plomb; elles sont neutres et insipides. Cette substance, à peu près privée de sa matière minérale, anormalement minéralisée, est presque inactive en présence de l'empois d'amidon ordinaire et complètement inactive au contact de l'amidon déminéralisé ; l'amidon contient toujours de la chaux; elle a acquis, en outre, de nouvelles propriétés qui la rapprochent d'un des ferments pancréatiques ; elle est devenue peptique ; elle peut digérer la fibrine. Je vous exposerai tout au long, dans la suite de ces leçons, les conséquences que l'on peut tirer de la transformation des ferments et je vous développerai les considérations qu'elles m'inspirent.

Il existe un autre procédé pour extraire la dias-

tase : il consiste à faire digérer le malt moulu dans de la glycérine pure ; il faut avoir soin d'agiter le mélange chaque jour ; après quelques jours de macération, huit jours en moyenne, on jette le *magma* sur une toile ; on exprime ; on filtre le liquide exprimé et l'on précipite la diastase dans la liqueur filtrée par l'alcool fort, légèrement éthéré; on laisse le précipité se former, on décante le liquide surnageant, on jette le précipité sur un filtre ; on le reprend par une petite quantité d'eau qui dissout la diastase; en répétant cette dernière opération deux ou trois fois, l'on obtient une diastase blanche, pure dans l'acception la plus juste du mot, normale, car elle sera suffisamment minéralisée. A l'aide du procédé que je viens de vous décrire, on peut préparer à l'état de pureté tous les ferments solubles ; c'est un procédé très général, si l'on n'entend pas par pureté la déminéralisation complète des ferments, c'est-à-dire leur inaptitude : ce procédé est dû à Wittich.

Le procédé le plus communément employé pour extraire la diastase de l'orge germée est le suivant. On prend de l'orge germée dont les radicules atteignent une longueur d'un centimètre à un centimètre et demi desséchée à 50° C. ; on broye l'orge au moulin et on la mouille avec deux fois son poids d'eau à la température ambiante ; on laisse

macérer pendant douze heures en ayant soin de remuer la masse de temps à autre ; on exprime, on filtre et on ajoute à la colature deux fois son volume d'alcool à 95° au moins ; il se forme un précipité que l'on recueille sur filtre. Si l'on veut avoir une diastase plus pure, j'entends par là moins riche en matières azotées inertes, on reprend le précipité ci-dessus par l'eau distillée dans laquelle on reprécipite la diastase par l'alcool fort. Toutes ces opérations veulent être faites aussi rapidement que possible, car la diastase s'altère vite.

Lorsqu'on a recueilli la diastase précipitée par l'alcool, on l'étale sur des lames de verre et on la dessèche dans un courant d'air, à une température inférieure à 40° C. La diastase ainsi préparée se présente sous la forme d'une poudre blanche légèrement colorée en brun ; cette coloration provient, sans doute, de l'action de l'oxydase pendant la dessiccation du ferment dans un courant d'air.

La diastase est soluble dans l'eau au-dessous de + 40° C. ; à cette température elle commence déjà à précipiter ; elle est soluble dans la glycérine ; elle est légèrement soluble dans l'alcool faible ; elle est insoluble dans l'éther, dans l'alcool fort.

Le sel diastasique est décomposé par les acides qui précipitent en même temps la diastase et le sel de chaux correspondant, en dégageant de l'acide

carbonique ; l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique précipitent la diastase seule parce que le chlorure et l'azotate de calcium sont solubles. Les sels alcalins, les alcalis dissolvent la diastase et précipitent les sels de chaux ; la diastase est précipitée de ses solutions alcalines par les acides ; ces réactions expliquent l'action des divers agents chimiques qui empêchent, d'après Bouchardat, l'action de la diastase.

Analyse de la diastase de l'orge germée.

Acide phosphorique . . .	0 gr. 0625	p. 1000
— sulfurique.	0 — 07	—
Chlore	—	—
Chaux	10 — 75	—
Magnésie	traces	
Potasse.	—	
Soude.	—	
Manganèse	caractérisé	
Cuivre	—	
Acide carbonique combiné.	4 gr. 20	p. 1000
Matières extractives . . .	834 — 16	—
Azote.	4 — 72	—
Eau.	128 — 00	—

La formule de la diastase peut se figurer par l'équation suivante :

$$CaO, CO^2 + CaO\ Pr + H^2O.$$

La diastase serait donc, comme je vous le disais

dans ma première leçon, d'une manière générale, un albuminate de chaux et un albumino-carbonate de chaux. Tous les ferments retiennent une quantité notable des produits de leur fermentation : ainsi le ferment inversif du foie contient plus de 50 p. 100 de glycogène. La diastase retient de la dextrine que l'on peut facilement transformer en glucose par l'ébullition dans de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique; elle retient aussi une certaine quantité de glucose.

La matière organique de la diastase se compose par conséquent de matière protéique, de dextrine, de maltose ou de glucose.

Le pouvoir rotatoire, la valeur réductrice des diastases est fort variable, en raison même de la quantité et de la qualité de la dextrine, du maltose et du glucose qui les accompagnent; la qualité et la quantité des sels et des oxydes joints et combinés avec les diastases modifient également leur pouvoir rotatoire.

En calculant le poids moléculaire de la matière organique diastasique comme si elle était faite exclusivement de matière protéique, nous trouvons que ce poids moléculaire est égal à 9.800 environ, poids moléculaire évidemment exagéré, puisque la dextrine, le maltose et le glucose entrent dans la composition de la matière organique de la

diastase. Si nous supputons la quantité de dextrine, de maltose et de glucose contenus dans la diastase préparée par le dernier procédé que nous avons indiqué, qui est, à peu de chose près, le procédé d'extraction de la diastase du Codex français, nous allons trouver le poids moléculaire de la matière protéique de la diastase considérablement diminué, diminué même de la moitié, ce qui nous donnerait 4.900, poids moléculaire assez rapproché du poids moléculaire de l'albumine qui est d'environ 5.700. Si je m'attache à rechercher le poids moléculaire de l'albumine diastatique, c'est que je considère la connaissance, même approchée, de ce poids moléculaire comme un des éléments les plus importants de l'étude des ferments.

Nous verrons par la suite le poids moléculaire de la matière protéique varier avec chaque ferment, acquérir une importance considérable, lorsque nous étudierons les toxines et les anti-toxines, lorsque nous assisterons à la lutte des albuminates avec les albuminates. Nous ne pouvons malheureusement pas déduire le poids moléculaire d'un ferment de la quantité d'azote qu'il contient; rien ne nous avertit jusqu'à présent du groupement moléculaire de la matière protéique des ferments.

La diastase contient 50 p. 100 de matière protéique et 50 p. 100 de dextrine, maltose et glucose, résultat donné, approximativement, par la réduction de la liqueur de Fehling, rapportée au glucose; en rapportant la réduction de la liqueur de Fehling au maltose, le poids de la matière protéique de la diastase serait plus faible.

La fonction capitale, le trait caractéristique de l'action de la diastase, c'est de transformer la matière amylacée désagrégée par l'eau, en dextrine, maltose et glucose ; il existe, cependant, certaines fécules que la diastase n'attaque pas lorsqu'elle est isolée ; il lui faut le secours de l'extrait de malt plus riche en sels que la diastase, pour les isomériser.

Quelle est la part que prennent à la transformation de l'amidon les divers composants de la diastase ? Quelle est la part de la matière minérale et quelle est la part de la matière protéique ?

Avant de nous occuper de l'action de la matière protéique et de la matière minérale de la diastase particulièrement, disons quelques mots de la matière fermentescible, de l'amidon.

L'amidon (*amylum*, du grec ἀμύλον, de *a* privatif et μύλον, *meule;* racine, μύλη, qui a été préparé sans meule, parce qu'en Egypte, en Grèce, on extrayait l'amidon du froment sans se servir de

meules, est un hydrate de carbone $C^6 H^5 O^5$; il possède un caractère propre, distinctif; il bleuit au contact de l'iode.

L'amidon prend naissance dans les feuilles, par insolation, sous l'influence des radiations solaires, par photolyse; l'amidon paraît être une polymérisation de l'aldéhyde méthylique $C H^2 O$, en passant par le glucose et la dextrine.

L'amidon, la matière amylacée est très répandue dans le règne végétal; elle constitue les réserves les plus précieuses pour la plante. La matière amylacée a ses équivalents dans le règne animal pour lequel elle est une des sources les plus puissantes d'énergie.

La matière amylacée se présente sous la forme de grains ayant des figures et des dimensions variables ; à cette variété de formes correspondent des propriétés physiques différentes. Biot a démontré qu'en examinant un grain de fécule de pommes de terre à la lumière polarisée, on apercevait une croix noire qui traverse le grain d'un hile à l'autre. L'amidon du blé ne présente pas cette particularité, mais elle s'observe dans les grains d'amidon animal.

L'amidon retient toujours une certaine quantité de matière minérale ; l'amidon de grains contient 0 gr. 13 p. 100 de chaux ; cette légère minéralisation

de l'amidon a sa valeur, car elle peut suppléer à une minéralisation insuffisante de la diastase.

Broyé dans un mortier, à sec, ou au contact de l'eau froide, l'amidon subit une première modification isomérique qui le rend soluble ; c'est l'amidon ou la fécule soluble de Guibourt.

La matière amylacée se gonfle dans l'eau chaude entre + 75° et 100° C. L'amidon de froment gonfle plus rapidement que la fécule de pommes de terre; l'empois de fécule de blé est, dans les mêmes conditions de préparation, plus homogène que l'empois de fécule de pommes de terre. Dans certaines conditions l'empois d'amidon peut se dissoudre dans l'eau chaude; c'est ce qui arrive quand on fait chauffer l'empois séché à l'air, en vase clos, au bain-marie, pendant vingt-quatre heures.

L'amidon sec, mis en contact avec la diastase sèche, ne subit aucune transformation; l'amidon et la diastase humides, délayés ou dissous dans l'eau, ne réagissent guère à une température inférieure à 40°, quoique l'action de la diastase sur l'amidon puisse commencer à une température voisine de 10° C. au-dessous de zéro.

Pour que la diastase l'attaque, l'amidon doit subir, au préalable, un commencement de désagrégation par l'eau ; il faut que l'eau, à la température de 100° C., ait rompu les grains d'amidon,

que la petite quantité de carbonate de chaux que contient l'amidon, ait été dissocié de manière à donner prise à l'acide carbonique qui, en reconstituant le carbonate, propage l'ébranlement moléculaire.

L'amidon qui servira à nos expériences est l'amidon des céréales, l'amidon ordinaire des blanchisseries; toute la matière amylacée, amidon ou fécules, sont aptes, d'ailleurs, sauf les restrictions que nous avons faites, à subir les mêmes transformations sous l'influence de la diastase.

Ce que je viens de vous dire de la formation et des propriétés de la matière amylacée vous permet de juger l'importance de l'action des diastases; au début de la vie une diastase transforme l'amidon en sucre qui devient une source d'énergie considérable par sa combustion; ce phénomène est commun au règne végétal et au règne animal; une autre diastase ramène le sucre en arrière, qui se reconstitue en amidon, en amidon de réserve, pendant que l'amidon autochtone, l'amidon de la fonction chlorophyllienne, est transformé en sucre.

Chez les animaux, la matière amylacée ou amidon animal, est appelé *glycogène*. Le glycogène, l'amidon animal, est du glucose moins les éléments de l'eau.

La matière amylacée se rencontre chez tous les

animaux, les vertébrés et les invertébrés. Une diastase douée des mêmes propriétés que la diastase de l'orge germée hydrate le glycogène et le transforme en glucose ; nous reviendrons sur ce sujet en étudiant quelques-unes des diastases animales.

Quelle est la part, nous demandions-nous tout à l'heure, qui incombe à chacun des éléments qui composent la diastase, dans la tranformation de l'amidon ; comment la diastase attaque-t-elle l'amidon ? Nous allons d'abord, nous assurer de la valeur fermentative de la diastase qui doit servir à nos expériences et aussi de la quantité de corps réducteurs qu'elle a retenus.

La manière dont nous opérerons changera complètement le résultat de nos expériences. Nous préparons un empois fluide, nous dissolvons la diastase dans cet empois ; nous mélangeons, dans le même récipient de la diastase et de l'empois d'amidon fort épais, mais au milieu duquel le microscope ne découvre pas de grains d'amidon intacts ; nous jetons des cubes d'empois d'amidon découpés d'une pâte fort épaisse et bien refroidie dans une solution de diastase. Pour chacune de ces expériences nous obtiendrons un résultat différent dans l'unité de temps, tant il est vrai que l'on ne peut juger du mérite d'une expérience qu'autant qu'elle est pratiquée dans des conditions semblables.

En faisant agir une solution titrée de diastase à 1 p. 100, sur un centimètre cube de liqueur de Fehling additionnée de 4 centimètres cubes d'eau, nous constatons que 1 centimètre cube de notre solution diastasique décolore exactement 1 centimètre cube de liqueur de Fehling. Ici surgit une difficulté ; le pouvoir réducteur du glucose est plus grand que celui du maltose ; si le pouvoir réducteur du glucose est égal à 10, le pouvoir réducteur du maltose est égal à 6,41 ; devons-nous calculer le corps réducteur en glucose ou en maltose? Pour ce genre d'expériences, que nous calculions la réduction sur le glucose ou sur le maltose, la chose n'est pas d'importance, à condition que nous calculions toujours sur le même genre de sucre ; nous avons établi nos calculs d'après le pouvoir réducteur du glucose, soit 0 gr. 005 de glucose décolorant exactement 1 centimètre cube de liqueur de Fehling qui fournit 0 gr. 03465 de sulfate de cuivre qui représente 0 gr. 0009932 d'oxyde cuivreux Cu^2O. que nous serons obligés de déduire proportionnellement des résultats que nous obtiendrons dans les expériences qui vont suivre. Nous arrivons ainsi à constater que la diastase de l'orge germée retient 50 p. 100 de corps réducteurs. Ceci établi, nous allons faire agir séparément, sur un poids donné d'amidon, un poids déterminé de cha-

cun des éléments constituant la diastase, en nous plaçant toujours dans les mêmes conditions d'expérience. Auparavant, il faut que nous nous rendions compte de la valeur amylolytique de la diastase elle-même ; à cet effet, nous prenons 20 grammes d'empois d'amidon représentant 1 gramme d'amidon; nous faisons dissoudre dans cet empois 2 centigrammes de diastase ; nous chauffons à l'étuve, à une température de 66-70° C. pendant six heures; nous dosons les corps réducteurs dans le liquide après filtration, et, nous trouvons que chaque centimètre cube du liquide filtré contient 33 dixièmes de milligramme de corps réducteurs calculés en glucose; tout l'empois n'a pas été liquéfié; après douze heures d'étuve, l'amidon n'est pas encore complètement liquéfié ; rien de plus variable que l'action des diastases ; chaque diastase fournit un coefficient de glucose différent, ce qui tient autant à la qualité de la matière fermentescible qu'à la qualité du ferment ; théoriquement, dans l'espèce, après six heures de séjour à l'étuve, la diastase n'aurait transformé que 20 centigrammes d'amidon, puisque, selon Musculus, l'action de la diastase sur l'empois d'amidon produit *un* de sucre réducteur pour *deux* de dextrine; notre diastase transformerait environ dix fois son poids d'amidon. Nous avons eu entre

les mains des diastases à peu près incolores, d'un bel aspect, qui ne transformaient pas l'amidon, qui étaient inertes ; c'était des ferments réputés purs. Il n'existe, d'ailleurs, pas deux grains d'orge de même poids donnant une même quantité de diastase, une diastase de même qualité ; il est aussi très difficile de calculer la valeur amylolytique exacte d'une diastase sur un dosage antérieur, car le ferment s'altère vite ; une expérience d'essai est toujours indispensable. En général, tout actif qu'il soit, un ferment diastasique ne vaut que par la qualité de la matière fermentescible. S'il est rare de rencontrer des diastases de composition uniforme, il est aussi rare de rencontrer des amidons, des fécules dont les molécules soient également juxtaposées, dont la minéralisation soit pareille. Minuties que tout cela, me direz-vous ! Non, car n'oublions pas que nous marchons vers l'étude des ferments et de la matière fermentescible la plus intéressante qui se puisse trouver, vers l'étude de notre propre substance. Nous serons obligés de nous débattre au milieu d'obscurités sans nombre ; seule l'étude détaillée des ferments et de la matière fermentescible facilement accessibles nous permettra de répandre quelque lumière au sein des fermentations animales.

L'amidon, selon son origine, selon sa forme, résiste

plus ou moins aux agents de transformation ; ces résistances plus ou moins nettes de l'amidon à se laisser pénétrer par les agents amylolytiques sont des nuances bien futiles, en apparence, pour l'étude grossière de l'action des ferments sur la matière amylacée dans nos laboratoires, mais ces nuances sont la maladie chez l'être vivant ; à ce point de vue, elles méritent que nous les étudiions de près.

QUATRIÈME LEÇON

ACTION DE LA DIASTASE (*Suite.*)

Messieurs,

Je terminais ma dernière leçon en vous disant que la qualité du ferment, sa valeur, étaient sous l'influence de la matière fermentescible. Nous allons étudier encore quelques-unes des propriétés de la matière fermentescible qui nous occupe en ce moment, de la matière amylacée. La disjonction atomique de la matière amylacée n'est pas égale, dans tous les cas, pour une même quantité de diastase agissant dans des conditions identiques. Les propriétés physiques des fécules retentissent sur leurs transformations chimiques ; ainsi l'amidon ou fécule de blé ne donne pas la même quantité de corps réducteurs que la fécule de pommes de terre au contact de la diastase.

Nous prenons 1 gramme de poudre d'amidon et 1 gramme de fécule de pommes de terre ; nous les transformons séparément en empois avec 30 centimètres cubes d'eau distillée ; nous remarquons

que l'amidon se désagrège plus rapidement que la fécule ; l'empois de fécule est vitreux, transparent ; l'empois d'amidon est bleuâtre, opaque. Nous faisons dissoudre séparément dans chacun des empois 2 centigrammes de diastase ; nous laissons à l'étuve, à une température de + 66-70° C. pendant quatorze heures. Pendant ce laps de temps, toute l'eau s'est évaporée et nous nous trouvons en présence d'un extrait humide renfermant et les produits solubles de l'amidon et de la fécule et de l'amidon et de la fécule encore intacts. Nous reprenons chacun de ces extraits par 10 grammes d'eau distillée ; nous laissons à l'eau le temps de dissoudre toutes les matières solubles, nous filtrons et nous dosons dans chaque solution filtrée les corps réducteurs au moyen de la liqueur de Fehling diluée au cinquième. Un centimètre cube de liqueur de Fehling est réduit par $0^{c^3},10$ de la solution d'extrait de fécule et par $0^{c^3},1125$ de la solution d'extrait d'amidon, ce qui représente $0^{gr},50$ de glucose pour l'extrait de fécule et $0^{gr},444$ de glucose pour l'extrait d'amidon, puisque nous rapportons la valeur des corps réducteurs au glucose.

Si nous grossissons nos nombres, nous voyons que 1 kilogramme de fécule aurait fourni 500 grammes de corps réducteurs pendant que 1 kilo-

gramme d'amidon en fournirait 444 grammes. La différence n'est pas énorme, elle est même insignifiante au point de vue industriel, mais pour nous qui savons que l'état normal et l'état anormal de la nutrition est fait de petites causes, pour nous qui cherchons dans les nuances des réactions les grands effets qui détruisent la vie, cette différence est considérable ; transportez-la, cette différence, par la pensée, sur l'action du pancréas ; multipliez-la par 365 fois 24 heures et vous verrez, à la fin de l'année, l'immense monceau de déchets que vous trouverez accumulés.

Je pourrais vous multiplier ces exemples en prenant une à une toutes les variétés de fécule que produit le règne végétal ; je n'aurai pas les mêmes ressources pour le règne animal qui ne paraît fournir qu'une sorte de fécule, s'il faut en croire les auteurs, mais rien ne prouve jusqu'ici que le glycogène soit un, et l'analogie me porte à penser qu'il en est de l'amidon animal comme de l'amidon végétal, que son groupement moléculaire est essentiellement variable.

L'agencement normal de la vie est ainsi préparé que chaque matière fermentescible comporte un ferment propre ; la variété des ferments est aussi nombreuse qu'infinie la variété de la matière fermentescible ; c'est pourquoi la diastase de l'orge germée,

qui peut attaquer toutes les fécules voit son action chanceler avant d'arriver au terme de leurs transformations.

La résistance des animaux et des hommes aux innombrables ferments qui chaque jour, à chaque instant de l'existence les assaillent, provient de ce que, chez ceux qui résistent, le groupement moléculaire de la matière fermentescible n'est point ou est peu accessible à l'action du ferment ; la diastase, comparaison moins forcée qu'elle ne le paraît, s'arrête devant la résistance de l'amidon. L'analyse de ces phénomènes de fermentation, que je ne fais qu'esquisser ici à grands traits, comporterait et de longues expériences et de grands développements ; nous ne l'oublierons pas.

Je dois vous expliquer avec quelques détails, maintenant, pourquoi certains corps chimiques s'opposent à la fermentation amylolytique.

Les carbonates alcalins, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, le sulfate d'alumine et de potasse, les sels solubles de fer, d'argent, de mercure, de cuivre ; les acides nitrique, sulfurique, phosphorique, chlorhydrique ; les acides oxalique, citrique, malique, tartrique, etc., empêchent l'action de la diastase.

Les carbonates alcalins dissolvent la matière azotée diastasique et précipitent sa dominante

minérale, la chaux; ils décomposent la diastase.

La potasse et la soude dissolvent également la matière protéique de la diastase, précipitent la chaux; elles peuvent décomposer la matière azotée; la chaux, la magnésie décomposent la matière protéique de la diastase, à l'état anhydre ; hydratées, elles neutralisent l'action de la diastase par l'absorption de l'acide carbonique. Le sulfate d'alumine et de potasse précipite la diastase de ses solutions; le précipité est composé de sulfate de chaux et de matière protéique. Ici se pose une question d'une importance capitale. La matière protéique précipitée par l'alun est-elle précipitée pour son propre compte, pour sa nature, ou bien suit-elle la chute de la chaux, à laquelle elle était combinée ? L'alun, en effet, précipite la caséine exclusivement dans un milieu albuminoïde. (A. Schlossmann, *Zeitch. f. physiol. Chem.*, vol. XXII, p. 157, — 1897.) Si donc l'albuminoïde diastasique était précipitée par l'alun, nous en pourrions conclure que la matière azotée de la diastase est une *caséine*. Or, comme vous pourrez en juger, une solution de diastase déminéralisée ne se trouble que d'une manière presque imperceptible lorsque j'y ajoute une solution d'alun; la matière protéique de la diastase n'est donc pas une *caséine*, pas plus, du reste, que la matière protéique de la plupart des ferments hydra-

tants d'origine animale ; cependant, les ferments hydratants sont proches parents de la caséine. car ils sont. comme la caséine, comme la fibrine, des albumino-sels calcaires.

L'alun précipite la chaux, dans les solutions de diastase, sous la forme de sulfate de chaux et entraîne la matière azotée diastasique sans la caractériser.

Les sels solubles de fer, d'argent, de cuivre, de mercure, décomposent la diastase par double décomposition ; enfin, l'acide nitrique précipite l'albuminoïde diastasique ainsi que l'acide chlorhydrique. L'acide oxalique précipite la chaux à l'état d'oxalate insoluble et ne touche pas à la matière azotée diastasique lorsqu'il est ajouté en proportion convenable à une solution de diastase. Les acides citrique, malique, tartrique détruisent le carbonate de chaux diastasique. Les acides sulfurique et phosphorique forment des sels insolubles dans les solutions de diastase.

Nous connaissons, à présent, le ferment et la matière fermentescible ; nous connaissons les conditions dans lesquelles le ferment peut exercer son action ; nous allons essayer de pénétrer le mécanisme de cette action.

Les corps fermentés retenus par les ferments me paraissent jouer un rôle important dans l'action

transformatrice des ferments ; à cette action tout extérieure, pour ainsi dire, des corps fermentés, au sein des fermentations amylolytiques, nous pouvons joindre l'action de l'acide carbonique ; c'est des corps fermentés, retenus par le ferment amylolytique et de l'acide carbonique dans ses rapports avec la fermentation amylolytique que nous nous occuperons tout d'abord.

Les corps fermentés retenus par la diastase sont de la dextrine et du glucose ; la dextrine et le glucose sont combinés avec la chaux sous forme de composés organiques dont l'un est bien connu, le *glucosate de chaux*. Ces combinaisons calciques, très mobiles, fournissent à la diastase, un appoint de chaux dont l'acide carbonique fera profiter la fermentation.

Lorsqu'on fait agir de l'eau acidulée au millième par l'acide sulfurique sur la diastase, à une température moyenne de 50° C., les corps réducteurs, retenus par la diastase, se transforment, à la longue, en glucose. Pour séparer la diastase du glucose on neutralise la liqueur ci-dessus avec un lait de chaux ; il précipite du sulfate de chaux, de l'albuminate et du glucosate de chaux ; on jette le précipité dans une solution d'un carbonate alcalin au sein duquel on l'agite pendant quelques instants ; le carbonate alcalin déplace l'albuminoïde

diastasique qu'il dissout, respectant à peu près intégralement le glucosate de chaux ; on extrait la diastase de sa solution alcaline carbonatée en y ajoutant goutte à goutte, avec précaution, de l'acide chlorhydrique, puis on recueille la diastase précipitée comme pour sa préparation ordinaire ; cette diastase n'agit point sur l'amidon ; il y a deux raisons pour que cette diastase ait perdu son pouvoir saccharifiant : d'abord sa déminéralisation, ensuite, l'absence de dextrine, de glucose. Mais si nous ajoutons à la diastase 0 gr. 95 p. 100 de carbonate de chaux, c'est-à-dire si nous reminéralisons la diastase, nous obtiendrons des produits de transformation de l'amidon ; en laissant tomber dans l'empois diastasé deux ou trois gouttes d'une solution de glucose titrée, nous obtiendrons un rendement plus considérable en corps fermentés ; la présence de la matière fermentée que retient le ferment amylolytique, que retiennent tous les ferments, paraît donc augmenter leurs forces.

La diastase contient 1 gr. 075 p. 100 de chaux ; précipitons la chaux par 3 grammes d'acide oxalique ; il va précipiter en même temps que la chaux une certaine quantité de diastase, mais en agitant le précipité dès qu'il sera complètement formé, nous redissoudrons la plus grande partie de la diastase entraînée et en laissant le précipité reposer pen-

dant vingt-quatre heures, en lavant le précipité sur filtre, réduisant les liqueurs à 35° C. et précipitant par l'alcool fort, nous aurons une diastase décalcifiée; cette diastase décalcifiée, séchée avec les précautions déjà indiquées, dans un courant d'air, à la température de + 40° C., se présente sous la forme d'une poudre amorphe, moins rude au toucher que la diastase ordinaire, à peu près incolore. Deux centigrammes de diastase déminéralisée, portée à l'étuve avec de l'empois d'amidon contenant $\frac{1}{30}$ d'amidon, pendant six heures, à une température moyenne de + 66-70° C., n'attaque pas l'amidon ; la diastase déminéralisée est donc inactive.

La diastase contient 0 gr. 95 p. 100 de carbonate de chaux; ajoutons du carbonate de chaux à l'empois d'amidon, 2 centigrammes de carbonate de chaux pour un empois contenant $\frac{1}{30}$ d'amidon; portons à l'étuve pendant douze heures; tout calcul fait, nous verrons que le carbonate de chaux n'a pas disjoint l'amidon, n'a pas donné de corps réducteurs. Ainsi la matière azotée diastasique, la matière minérale diastasique n'attaquent pas isolément l'empois d'amidon.

Prenons de la diastase décalcifiée, 2 centigrammes; prenons 2 centigrammes de carbonate de chaux; dissolvons la diastase dans l'eau distillée, ajoutons à la solution diastasique le carbonate de

chaux, agitons pendant plusieurs minutes, laissons reposer quelques heures durant, filtrons et ajoutons la solution de diastase reminéralisée à de l'empois d'amidon à $\frac{1}{30}$; laissons à l'étuve, comme dans l'une de nos expériences précédentes pendant quatorze heures; au dosage, nous trouverons que la quantité de corps réducteurs produits est égale à 0 gr. 38 de glucose. La puissance fermentative de la diastase s'est donc reconstituée dans une large mesure par la reminéralisation du ferment.

Lorsque l'on prend une quantité de diastase suffisante, 1 gramme par exemple, en solution claire dans 10 grammes d'eau et que l'on mélange cette solution à de l'empois d'amidon à $\frac{1}{30}$, que l'on met à l'étuve jusqu'à ce que l'empois soit totalement liquide, que se passe-t-il?

La diastase est un albuminate calcique et un albumino-carbonate calcique. Les propriétés de cet albuminate et de cet albumino-sel sont les suivantes : chauffée jusqu'à 70-80° C., la diastase précipite ; la vapeur d'eau qui se dégage pendant que précipite la diastase est accompagnée d'acide carbonique; le précipité produit par la chaleur est formé de matière protéique et de carbonate de chaux; le liquide clair surnageant au précipité ne précipite plus à la température de + 70-80° C., mais si on le fait traverser par un courant d'acide carbonique, il

se trouble légèrement d'abord et précipite de nouveau à + 70-80° C. ; la liqueur contenait encore de la chaux combinée avec la matière azotée; une petite quantité de la chaux a été précipitée à l'état de carbonate de chaux, et, l'acide carbonique ajoutant son action à l'action de la matière protéique qui joue le rôle d'acide faible, il se forme un nouvel albumino-carbonate soluble qui est de nouveau décomposé par la chaleur à + 70-80° C.

Toute la théorie de la fermentation de la matière amylacée est dans ces expériences. En effet, la diastase, CaO, Pr + CaO, CO^2 Pr, se dissocie sous l'influence de la chaleur; CaO, CO^2 Pr est décomposé comme un bicarbonate ordinaire; il dégage de l'acide carbonique qui agit sur CaO, Pr H^2O, en déplaçant Pr; CaO décompose l'eau qui hydrate la dextrine pendant qu'elle s'hydrate elle-même; tout aussitôt Pr plus fixe, moins diffusible que CO^2, s'empare de nouveau de CaO, H^2O, et est de nouveau chassé par CO^2; ainsi continue la fermentation à mesure que se renouvelle l'acide carbonique.

Deux hydrogènes sont mis en liberté; ils se fixent sur une partie de l'amidon pendant que se déshydrate et s'hydrate la chaux.

$$3C^6 H^{10} O^5 + H^2O = C^6 H^{12} O^6 + 2C^6 H^{10} O^5.$$

Trois molécules d'amidon fourniraient ainsi une

molécule de glucose et deux molécules de dextrine (Musculus).

Veuillez, je vous prie, ne pas perdre de vue la matière fermentescible. La matière amylacée absorbe de la chaleur pour sa formation; sa dissociation sera donc exothermique, et, par conséquent, une fois commencée, cette dissociation s'entretiendra elle-même précisément parce qu'elle dégage de la chaleur; tel est le secret, croyons-nous, de la grande activité de la diastase.

L'acide carbonique est indispensable à la continuité d'action de la diastase. Quand vous avez fait bouillir l'eau distillée dans laquelle vous allez mettre, après refroidissement, et l'empois d'amidon et la diastase dont vous avez mesuré le pouvoir réducteur, vous placez le mélange aussi rapidement que possible dans une étuve où vous ne laissez pénétrer que de l'air dont vous avez absorbé l'acide carbonique; vous constatez que la fermentation diastasique marche lentement et s'arrête bientôt; les corps réducteurs produits sont, comparés aux corps réducteurs produits au contact de l'air ordinaire, dans le rapport de 3 à 10; faites arriver un courant léger de CO^2 dans le mélange privé d'acide carbonique, vous intervertirez la valeur du rendement en corps réducteurs.

L'acide carbonique est donc nécessaire à la fer-

mentation diastasique. Quel est son rôle? Je pense que le rôle de l'acide carbonique est mécanique et chimique; son rôle chimique, je viens de vous l'exposer. Le potentiel de diffusion de l'acide carbonique, à travers les colloïdes, je vous l'ai dit l'année dernière, est considérable; il est égal à 15,6, tandis que celui de l'air atmosphérique est égal à 1,15; l'acide carbonique pénètre l'empois d'amidon et sa tension augmentant avec la température, il divise l'empois, le rend plus facilement attaquable par la diastase, par l'eau; il porte encore son action sur la petite quantité de chaux que contient l'amidon, 0 gr. 13 p. 100 environ, comme je vous l'ai déjà dit.

La fermentation s'arrête bien longtemps avant que la concentration des liqueurs puisse arrêter l'action du ferment; elle s'arrête lorsque le ferment n'est presque plus soluble, lorsqu'il a subi un commencement d'altération par la reconstitution et le dédoublement successif de ses éléments salins; la preuve, c'est que si vous ajoutez à ces liqueurs concentrées une nouvelle quantité de ferment, c'est que si vous faites passer de l'acide carbonique sous une pression suffisante pour vaincre la viscosité des liquides, la fermentation recommence malgré la concentration des liqueurs.

Voici une fonction nouvelle, encore inconnue de la diastase.

Je vous ai fait observer, dans une des leçons précédentes, que la plupart des ferments diastasiques d'origine végétale étaient des albuminates aidés par des albumino-carbonates, et, que la plupart des ferments diastasiques d'origine animale, étaient servis par des albumino-phosphates.

Prenons une solution concentrée de diastase; ajoutons à cette solution de l'acide phosphorique ; neutralisons par l'eau de chaux; reprenons par l'eau acidulée avec l'acide phosphorique; précipitons par l'alcool fort ; vous comprenez de suite ce que nous avons fait; nous avons déplacé l'acide carbonique, nous avons précipité la diastase avec le phosphate de chaux insoluble; nous sommes en présence d'une diastase albumino-phosphatée, légèrement acide. Cette diastase donne à l'analyse 0 gr. 656 d'acide phosphorique, ce qui correspondrait à 1 gr. 58 de phosphate bicalcique p. 100, de diastase ; mais, je vous l'ai dit, le produit obtenu est légèrement acide ; par conséquent, tout l'acide phosphorique n'est pas combiné.

Nous dissolvons dans l'eau distillée cette diastase nouvelle, nous essayons la solution à la liqueur de Fehling qu'elle réduit légèrement, ce qui nous permet de croire qu'elle a retenu une certaine quantité de produits fermentés, qu'elle est encore capable de transformer l'empois d'ami-

don, ce qui est exact dans une certaine mesure; en dehors du léger précipité d'oxydule de cuivre, nous n'observons dans la liqueur de Fehling aucune autre modification.

Nous plaçons dans la solution diastasique une certaine quantité de fibrine; nous laissons à l'étuve à une température de + 66-70° C., pendant douze heures ; en même temps, nous avons mis à l'étuve une solution d'acide phosphorique dont l'acidité était égale à l'acidité de la solution diastasique; dans cette solution légère d'acide phosphorique, nous avons placé une même quantité de la même fibrine. Après douze heures d'étuve, les deux liqueurs ont un aspect bien différent; la solution diastasique est louche, lactescente; la solution phosphorique est à peine trouble. Nous prenons 4 centimètres cubes de la solution diastasique que nous portons à l'ébullition ; la solution précipite d'une manière fort nette ; nous jetons dans un petit filtre et nous ajoutons quelques gouttes de liqueur de Fehling au liquide filtré ; ce liquide prend une teinte rouge-violet qui caractérise les peptones: c'est la réaction du *biuret* ou de Pietrowski. Nous laissons tomber quelques gouttes du réactif de Tanret dans la solution diastasique filtrée ; nous obtenons un précipité qui se dissout quand on le chauffe et qui se reproduit en se

refroidissant; c'est encore une réaction caractéristique des peptones, tout au moins en ce cas, car le liquide essayé ne pouvait point contenir d'alcaloïdes. L'acide phospho-molybdique en solution chlorhydrique donne un abondant précipité de couleur jaune pâle dans la solution diastasique; la liqueur diastasique filtrée précipite encore un peu par la chaleur; l'acide azotique développe un précipité, à froid. De ces divers caractères, de ces réactions, nous devons conclure que la diastase phosphatée a transformé une partie de la fibrine en peptones et que la solution diastasique contenait des peptones.

La digestion de la fibrine en solution phosphorique était moins riche en peptones; on peut même dire, si l'on s'en tient à la réaction colorée du *biuret*, que le rapport de peptonisation entre la solution diastasique peptoïque et la solution phosphorique paraît être comme 1 est à 10. Un premier enseignement découle de cette expérience: ce n'est point le milieu acide qui a fait la digestion, puisque la solution phosphorique a été infiniment moins peptique que la diastase phosphatée; nous pouvons donc négliger l'action peptique de l'acide phosphorique. Serait-ce la diastase qui aurait conservé de la peptonisation de la germination plus qu'un souvenir, mais encore des qualités

digestives ? La diastase de l'orge germée pourrait-elle, doit-elle être rangée, à côté des ferments végétaux, véritables pancréatines découvertes par Gorup-Besanez dans les graines du lin, du chanvre, etc., arrivées à maturité, et le ferment de l'orge germée pour ne se former qu'au moment de la germination, serait-il aussi une sorte de pancréatine ? La composition des graines du chanvre, du lin, etc., s'éloigne assez de la composition des graines d'orge, de froment, etc., pour que l'on puisse supposer la diastase incapable de peptoniser la fibrine, mais rien ne vaut une expérience.

Prenons la diastase normale en solution assez concentrée ; 3 grammes de diastase dans 100 grammes d'eau distillée ; jetons la fibrine dans cette solution, portons à l'étuve pendant douze heures, puis filtrons et traitons la solution comme nous avons traité les solutions diastasiques phosphatées calciques et phosphoriques ; nous obtenons avec la liqueur de Fehling la réaction propre à la diastase, c'est-à-dire qu'il se précipite de l'oxydule de cuivre ; mais la réaction de Piétrowski n'apparaît point ; la précipitation d'oxydule de cuivre ne masque pas la réaction du *biuret* dans les solutions qui contiennent, tout à la fois, et des corps réducteurs et des peptones ; ces deux réactions se superposent et la couleur rose carac-

téristique de la peptone colore la liqueur pendant que précipite l'oxyde cuivreux.

L'acide phosphorique à la dose employée et correspondant à l'acidité de la diastase phosphatée, la diastase normale ne peptonisent point ou peptonisent à peine la fibrine. D'où vient alors que la diastase phosphatée soit un ferment peptique; d'où vient que la fibrine se laisse digérer par la diastase phosphatée? Est-ce nous qui avons fait un ferment digestif d'un ferment amylolytique, et cela sans lui enlever complètement ses qualités primordiales? Pourquoi ce ferment amylolytique est-il devenu un ferment peptique? Est-ce par sa qualité acide? Nous venons de voir qu'il n'en était rien. Si nous voulons trouver la clef de ce curieux mystère, il faut nous rappeler que la matière protéique est avide de matière minérale, que les sels biochimiques appelés ferments font la double décomposition; il faut nous rappeler, enfin, que la connaissance de la matière fermentescible éclaire le mécanisme des fermentations autant que la connaissance du ferment. La fibrine est un albumino-phosphate calcique moins acide que notre diastase phosphatée, par conséquent attaquable par elle, susceptible d'hydratation sous son influence, au contact de l'eau.

On peut rapprocher de ces phénomènes les fermentations glycolytiques de Lépine. (R. Lépine,

Sur la production du ferment glycolytique. Comp. rend., t. CXX, p. 149.) « Si l'on fait macérer, dit Lépine, deux ou trois heures à 38° C., dans 100 C³ d'eau additionnée de 0 gr. 2 d'acide sulfurique, un pancréas de chien, broyé aseptiquement aussitôt après son extraction du corps de l'animal; si, au bout de ce temps, on neutralise l'acide avec la soude et qu'on ajoute 0 gr. 5 de glucose pur ; si alors on laisse 1 heure à 38° C., et qu'on dose le sucre, on constate une perte, variable suivant diverses conditions, mais toujours fort sensible (de 10 à 50 p. 100 de la quantité) de sucre et en tout cas *fort supérieure* à celle que l'on peut observer en ajoutant du glucose à une macération de pancréas frais dans de l'eau non additionnée d'acide sulfurique. Il est donc incontestable que, sous l'influence de l'acide et vraisemblablement par un processus d'hydratation, il s'est produit du ferment glycolytique, de même que, d'après M. Heidenhain, il se développe de la trypsine dans un pancréas macérant également dans une solution acidulée.

« La question est de savoir quelle substance zymogène donne naissance au ferment glycolytique. Selon moi, cette substance n'est autre que la diastase saccharifiante, qui se trouve, comme on sait, si abondamment dans le pancréas. Voici plusieurs preuves à l'appui de cette opinion.

« 1° Si l'on prend de la diastase du commerce (maltine) qu'on la purifie et qu'on la fasse macérer deux ou trois heures à 38° C., dans de l'eau additionnée de 1 p. 100 d'acide sulfurique, on constate qu'au bout de ce temps le *pouvoir saccharifiant de la solution* (*neutralisée*) *a complètement disparu et qu'elle possède, en échange, un pouvoir glycolytique fort notable*. En effet, si l'on ajoute à 100 centimètres cubes de cette solution 0 gr. 5 de glucose et qu'on laisse une heure à 38° C., on trouvera au bout de ce temps une perte de sucre de 10 ou 15 p. 100 et même davantage.

2° Si l'on traite de la salive humaine par l'eau additionnée d'acide sulfurique au millième, le résultat est semblable ; le pouvoir saccharifiant de la salive a disparu et il est remplacé par un pouvoir glycolytique fort net. »

... Le sang de la veine pancréatique ne contient pas de ferment pendant la sécrétion du suc pancréatique et elle est abondamment pourvue de ferment glycolytique dès que cesse de couler le suc pancréatique ; le pancréas aurait donc des sécrétions contraires, ayant des actions opposées, l'une *externe* produisant du sucre, l'autre *interne* détruisant le sucre produit.

La différence de température entre les expériences de Lépine et les miennes est grande ; nous

verrons dans la suite qu'il existe pour chaque ferment une température *optimum* donnant le *maximum* de rendement.

Voilà de nouveaux et brillants exemples de la fécondité de la *matière minérale* en possession de la *matière protéique;* la matière protéique reste la même; la matière minérale change et les qualités physiologiques de la matière protéique changent avec elle. Si, ce que je crois, nous pouvons arriver à généraliser ces données, un grand nombre de problèmes de la chimie biologique normale ou pathologique seront facilement résolus.

CINQUIÈME LEÇON

DE LA MYROSINE

Messieurs,

La *myrosine,* du grec μύρον, parfum liquide, huile aromatique, essence, se rencontre, d'après Lepage, dans un grand nombre de plantes de la famille des crucifères, le *Raphanus sativus*, le *Brassica nadus, campestris,* le *Thaspi arvense*, etc., etc.; on l'extrait habituellement de la moutarde blanche, *sinapis alba*, L.

L'origine du mot *moutarde* est fort discutée, fort discutable, fort obscure. Le mot *moutarde* vient probablement de l'ancien *celtique*, de l'idiome *kymrique*, *mwstardd*, *qui émet une forte odeur*.

Quant à la provenance du mot latin *sinapis*, elle est grecque indubitablement ; *sinapis* dérive du mot grec σίναπι, σίνηπι, σίναπυ, νᾶπυ, forme attique; l'origine de ces mots grec est inconnue ; il est impossible de rattacher ces mots au sanscrit.

Le mot français *sénevé* dérive des mots grecs σίναπι, σίνηπι.

Le pape Clément VII aimait beaucoup le condiment que l'on fait avec les moutardes et il payait grassement ceux qui s'efforçaient de lui en préparer à son goût. De là l'expression : *Il se croit le premier moutardier du pape.*

Une autre version veut que cette expression vienne de ce fait que le pape avignonnais Jean XXII, très friand de moutarde, avait créé, pour un de ses neveux, la charge de *premier moutardier.*

Le rusé Louis XI emportait toujours son pot de moutarde avec lui, quand il mangeait au dehors.

Les moutardes sont des plantes herbacées qui se rencontrent plus particulièrement dans le bassin méditerranéen.

Les siliques de la moutarde blanche, hérissées de poils, contiennent des graines de couleur jaune clair, sphériques, lisses, inodores, d'une saveur amère, mais pas piquante ; ces graines sont plus grosses que celles de la moutarde noire ; la couleur des graines sert à désigner les deux variétés les plus répandues de moutarde : la moutarde blanche, *sinapis alba*, et la moutarde noire, *sinapis nigra*, L.

Les graines de moutarde blanche, divisées au moulin et humectées avec de l'eau, dégagent bientôt une forte odeur d'hydrogène sulfuré.

La myrosine existe préformée dans les graines de moutarde blanche arrivées à maturité ; elle est

toute formée avant la germination ; elle s'est formée pendant la maturation de la graine. La myrosine apparaît dans la graine de moutarde blanche dès le début de la maturation ; son apparition coïncide avec la migration de la matière minérale et des principes immédiats des plantes, lesquels principes immédiats sont, par parenthèse, tout ce qu'il y a de plus médiats quant à leur origine, le principe immédiat de tout ce qui vit étant le minéral.

La migration de la matière minérale, de la matière azotée, des hydrates de carbone qui séjournent comme réserves dans les cellules où il ont été préparés ou retenus est la principale des conditions de la maturation.

Vous vous souvenez, sans doute, de l'immigration de la matière minérale pendant la deuxième phase de la germination des graines, immigration que nous avons vue indispensable à l'évolution de la germination. Les phénomènes de la migration des principes contenus dans les diverses parties de la plante, au moment de la maturation, ne sont pas sans quelque analogie avec l'immigration de la matière minérale pendant la deuxième phase de la germination. Tout comme dans les graines imbibées par l'eau, au moment de la germination, nous trouvons un potentiel osmotique intracellulaire intense au moment de la maturation.

Le *sinapis alba* est précisément une plante remarquable parmi celles qui augmentent de poids pendant la maturation, chez lesquelles une recrudescence de végétation se produit pendant que leurs graines mûrissent ; le poids du *sinapis alba* augmente, pendant la floraison, de 7 grammes en dix jours ; puis le poids s'accroît lentement pendant vingt-six jours, mais au moment de la formation des siliques, il se manifeste une recrudescence rapide de végétation, et, en dix-neuf jours, la plante double son poids (Dehérain).

Les corps ternaires sont solubilisés sur place par une diastase; ils sont transportés à l'état dialysable dans la graine où ils s'accumulent, se condensent, dans leur forme première de réserve, pour recommencer à parcourir, avec le développement de l'embryon, le cycle de leurs transformations.

Les matières azotées sont transportées sous forme d'amides et sous forme d'albuminates vers la graine, car les matières azotées solubilisées par les alcalis et leurs sels ont un coefficient de diffusion assez élevé; arrivées dans la graine, elles reprennent leur état primitif d'insolubilité pour la plupart, sous l'influence des échanges chimiques de la matière minérale, échanges sur lesquels je n'ai pas besoin d'insister puisque je vous en dessinai l'image à propos de la germination ; la matière protéique devient du gluten, de la légumine, des diastases diverses.

La migration de la matière minérale, pendant la maturation, est un des cas les plus intéressants de la formation définitive de la graine; c'est la matière minérale qui règle la qualité de la maturation. Une année pluvieuse entraîne la matière minérale et le poids du grain tombe d'un tiers ou plus.

Nous pourrions, mais tel n'est pas le programme de ce cours, vous montrer que les phénomènes de migration de la matière organique solubilisée et de la matière minérale soluble obéit aux lois générales de l'osmose, de la volatilisation des liquides, etc. ; je me contenterai de vous faire bien saisir la valeur de la migration de la matière minérale pendant la maturation, comme j'ai cherché à vous bien démontrer l'utilité de l'immigration de la matière minérale pour la germination.

Le dosage de ces éléments minéraux indispensables à la graine et à la plante selon son âge, vous donnera une idée exacte de la migration de la matière minérale. Le 22 mars, la totalité de la récolte de colza donnée par un hectare de terre contient (Isidore Pierre) :

Acide phosphorique.	22 mars . . .	38 kil. 59
—	2 avril . . .	44 — 96
—	6 mai. . . .	83 — 31
—	6 juin. . . .	71 — 93
—	20 juin. . . .	83 — 43

RACINES

Acide phosphorique.	22 mars . . .	7 kil. 67
—	2 avril . . .	8 — 00
—	6 mai. . . .	10 — 35
—	6 juin. . . .	8 — 30
—	20 juin. . . .	8 — 32

TIGES SANS FEUILLES ET SANS TÊTES

Acide phosphorique.	22 mars . . .	9 kil. 59
—	2 avril . . .	14 — 64
—	6 mai. . . .	31 — 14
—	6 juin. . . .	14 — 50
—	20 juin. . . .	10 — 45

SOMMITÉS DES RAMEAUX AVEC FLEURS OU SILIQUES

Acide phosphorique.	22 mars . . .	3 kil. 77
—	2 avril . . .	5 — 09
—	6 mai. . . .	23 — 23
—	6 juin. . . .	47 — 34
—	20 juin. . . .	64 — 66

FEUILLES VERTES

Acide phosphorique.	22 mars . . .	17 kil. 56
—	2 avril . . .	15 — 65
—	6 mai. . . .	12 — 06
—	6 juin. . . .	0 — 84
—	20 juin. . . .	00 — 00

FEUILLES MORTES

Acide phosphorique.	2 avril . . .	1 kil. 58
—	6 mai. . . .	6 — 53
—	6 juin. . . .	0 — 95
—	20 juin. . . .	00 — 00

Ainsi, les 83 kil. 43 d'acide phosphorique que contient la récolte du colza au 20 juin, par exemple, se répartissent de la manière suivante :

Acide phosphorique.	Racines	8 kil. 32
—	Tiges sans feuilles et sans têtes . .	10 — 45
—	Sommités avec fleurs ou siliques . . .	64 — 66
—	Feuilles vertes . .	0 — 00
Acide phosphorique.	Feuilles mortes. .	0 — 00
	Total égal.	83 — 43

77 p. 100 (Zoeller, Fliche et Grandeau) de la totalité de l'acide phosphorique répandu dans la plante, au 20 juin, se trouve en combinaison dans les fleurs ou les graines.

L'acide sulfurique abandonne les feuilles du 1er mai à la mi-octobre dans la proportion de 40 p. 100. La potasse accompagne l'acide phosphorique presque terme pour terme dans sa marche ascendante vers la graine ; c'est la potasse qui entraînera, par ses combinaisons salines, la nouvelle formation de l'amidon ; c'est la potasse qui, en changeant d'acide sous l'influence de la pression osmotique, favorisera plus tard la solution de l'amidon.

La chaux, la magnésie, le fer, le maganèse, la silice suivent une marche inverse et restent emmagasinés dans les feuilles du 1er mai à la mi-octobre, dans la proportion de 52 p. 100.

Quoi de plus intéressant que ces voyages de la matière minérale à travers la plante, accompagnée de la matière organique qu'elle solubilise, qu'elle modifie en chemin, qu'elle entraîne dans la proportion d'environ 11 p. 100 du poids total ! Quoi de plus intéressant que les voyages de la matière minérale à travers les organismes vivants, accourant vers les points où se produit une nouvelle cellule, un nouveau tissu, un nouvel organe !

Nous retrouvons donc, au moment où commence la maturation de la graine, un mouvement de matière minérale analogue à celui que nous avons observé au début de la germination, mais tandis que, au début de la germination, sous l'influence de la pression osmotique, de l'hydrolyse, la matière minérale insoluble devient soluble en même temps que se solubilisent la matière azotée et les corps ternaires, la maturation, au contraire, est une précipitation des éléments minéraux et organiques par l'évaporation de l'eau, par la dessiccation.

Les diastases qui, comme la myrosine, existent préformées dans les graines, sont des albuminates, des albumino-sels formés par la précipitation de la matière minérale abandonnée par l'eau pendant la maturation ; les diastases qui se forment au moment de la germination, sont des albuminates, des albumino-sels formés par la dissolution de la

matière minérale précipitée par la maturation. Certains groupes cellulaires s'emparent de ces combinaisons albumino-minérales qui ne peuvent plus se défendre, et qui deviendraient un danger permanent pour la graine si elles n'étaient pas isolées.

M. Guignard, dont les beaux travaux vous sont connus, a pu déterminer, dans les graines de moutarde, les cellules à myrosine à l'aide du réactif de Millon, qui les colore en rouge; cette réaction est d'une grande netteté quand on la suit avec un grossissement suffisant.

Le réactif de Millon est une solution d'azotate de mercure qui donne une coloration rose clair, rouge plus ou moins intense, avec les peptones et certaines albuminoïdes qui paraissent s'en rapprocher, tels sont les ferments diastasiques, la myrosine en particulier.

Les ferments diastasiques ne sont point des peptones quoiqu'ils présentent la plupart des réactions de ces substances; ils possèdent aussi certains caractères des nucléines dont quelques-uns ont la composition élémentaire : $C^n H^n Az^n O^n S^n P^n$; leur molécule organique est complexe et leur poids moléculaire élevé. La myrosine, ferment diastasique très altérable, se présente sous la forme d'une poudre blanche tirant un peu vers le jaune

clair ; elle est soluble dans l'eau, dans la glycérine, peu dialysable; elle n'a pas d'odeur et presque pas de goût; elle est insoluble dans l'alcool ; elle est précipitée de ses solutions par la chaleur, par les acides.

La myrosine peut se préparer par le procédé ordinaire de préparation des ferments solubles. On fait macérer pendant douze heures, en ayant soin de remuer la masse de temps à autre, la graine de moutarde blanche broyée, dans deux fois son volume d'eau; on exprime, on filtre et on ajoute au filtrat deux fois son volume d'alcool à 95° ; ce procédé de préparation est défectueux parce que l'eau, comme je vous l'ai déjà fait remarquer, décompose à froid l'un des principes de la farine de moutarde blanche qui dégage de l'acide sulfhydrique.

Le procédé qui convient le mieux à la préparation de la myrosine, c'est le procédé de Wittich. La graine de moutarde blanche moulue est mise à digérer pendant cinq à six jours dans de la glycérine pure; on exprime la masse, on filtre et le liquide filtré est précipité par l'alcool fort et un peu d'éther; on recueille le précipité sur un filtre, on le lave à l'alcool éthéré, on laisse égoutter et on sèche la myrosine sur des plaques de verre, dans un courant d'air, à une température de + 45° C. au *maximum*.

L'action de la myrosine est lente à se produire; il faut attendre quelquefois plus d'un quart d'heure avant de percevoir l'odeur de l'essence de moutarde; la myrosine agit à froid et à une température inférieure à + 40° C.

Analyse de la myrosine.

Acide phosphorique .	0 gr. 0402 p. 1000
— sulfurique. . .	42 — 53 —
Chlore	— —
Chaux	2 — 25 —
Magnésie	6 — 20 —
Potasse.	— —
Soude.	— —
Manganèse	caractérisé
Soufre non oxydé . .	13 — 52 —
Matières extractives .	756 — 00 —
Azote.	24 — 99 —
Eau	120 — 00 —
Acide carbonique combiné	6 — 51 —

La myrosine ne retient pas de produits fermentés volatils; les produits fermentés volatils sont la conséquence de la formation du dextrose qui est le but de l'action de la myrosine; la matière fermentescible joue, en effet, le rôle le plus important, comme nous le verrons plus loin, dans la fermentation sinapisique.

La graine de moutarde blanche contient, entre autres principes intéressants : une diastase, la

myrosine, et un glucoside, la *sinalbine*. La sinalbine a pour formule :

$$C^{30} H^{44} Az^2 S^2 O^{16}.$$

Sous l'influence de la myrosine, la sinalbine se dédouble et fournit par hydratation : 1° une essence de moutarde $C^7 H^7 O, Az C S$; 2° du bisulfate de *sinapine* : $C^{16} H^{24} AzO^5, HSO^4$; 3° de l'hydrogène sulfuré ; 4° du dextrose.

La *sinapine* est un alcaloïde que l'on rencontre dans la graine de moutarde blanche à l'état de sulfocyanate de sinapine :

$$C^{16} H^{24} AzO^5, AzCS.$$

La présence du sulfocyanate de sinapine dans la graine de moutarde blanche, présente un certain intérêt au point de vue de l'étude des éléments cellulaires constituant la graine du *sinapis alba*. Le sulfocyanate de sinapine, en effet, se colore en rouge au contact de l'acide azotique ; or, vous savez que le réactif de Millon, à l'aide duquel M. Guignard a caractérisé les cellules de myrosine, est un azotate de mercure, c'est-à-dire un sel capable de fournir de l'acide azotique libre en se décomposant.

La graine de moutarde noire, *sinapis nigra*, d'un moindre diamètre que la graine de moutarde blanche, de couleur brun foncé, a une saveur âcre,

piquante; elle contient de la myrosine, comme la graine de moutarde blanche, occupant des cellules séparées, et un glucoside, la *sinigrine;* elle ne renferme pas de sinalbine, mais elle contient de la sinapine.

La sinigrine est un glucoside qui a pour formule :

$$C^{10} H^{18} Az, KS^{2} O^{10}.$$

Ce glucoside est connu sous le nom de myronate de potassium; il est retenu en des cellules spéciales dans la graine de la moutarde noire et séparé ainsi de la myrosine. L'essence de moutarde blanche ou noire se forme lorsque, sous l'influence de l'eau, les cellules qui retiennent la myrosine, la sinalbine ou la sinigrine, se rompent et mettent en contact le ferment et la matière fermentescible.

Nous connaissons maintenant, semble-t-il, le ferment et la matière fermentescible; nous pourrions nous inquiéter de suite du mécanisme au moyen duquel la myrosine transforme la sinalbine et la sinigrine. Je tiens auparavant à revenir sur la composition de la myrosine.

La myrosine contient 75 p. 100 de matières extractives. Nous prenons 10 centigrammes de myrosine, que nous faisons dissoudre dans 10 grammes d'eau distillée; nous versons goutte à goutte 1 gr. 50 de cette solution dans 1 centimètre cube de liqueur

de Fehling diluée au cinquième; nous ne constatons pas trace, par la chaleur, d'oxyde cuivreux précipité ; la myrosine ne retient donc pas de glucose; par contre, la liqueur de Fehling se colore légèrement en rose, ce qui indique bien que nous sommes en présence d'un ferment, d'une matière albuminoïde ayant subi une sorte de peptonisation; nous avons vu plus haut dans quelles conditions. La myrosine ne retient pas de corps réducteurs, mais elle se décompose au contact de la liqueur de Fehling et dégage abondamment de l'acide carbonique.

L'acide carbonique qui se dégage, lorsqu'on fait agir sur la myrosine un sel capable de faire la double décomposition a une double origine : il provient du sulfo-carbonate de calcium CS^3Ca et du carbonate de magnésium.

En faisant la part de la chaux et de la magnésie que renferme la myrosine on peut envisager la matière minérale de la myrosine comme groupée de la manière suivante :

$$SO^4 Ca + Pr\,CaO + CO^3 (Pr) Ca + Pr\,MgO + CO^3 (Pr) Mg + HO.$$

Vous voyez que dans ces leçons je me sers indifféremment de l'une ou de l'autre des deux notations chimiques.

La matière organique se trouverait engagée dans une combinaison directe avec les oxydes et dans une combinaison carbonatée calcique et carbonatée magnésienne exclusivement; c'est bien de la sorte que se comporte la matière protéique dans les combinaisons albumino-minérales; elle se conjugue le plus souvent avec les oxydes, les carbonates et les phosphates; les choses se passent différemment pour la myrosine, car nous avons un sulfate de chaux soluble en totalité alors que la solubilité ordinaire du sulfate de chaux est de 0 gr. 30, seulement, dans 100 grammes d'eau. Nous pouvons donc admettre que la matière protéique est aussi bien conjuguée avec les sulfo-carbonates qu'avec les carbonates de chaux et de magnésie; elle remplace pour chaque combinaison saline une molécule d'acide qui rendrait toutes les combinaisons solubles en les transformant en bisulfates, en bicarbonates, etc., ou, pour dire plus vrai, en les transformant en sels acides solubles. Nous devons donc reporter toute notre matière protéique sur les oxydes, les carbonates de chaux et de magnésie d'une part, et sur le sulfate de chaux, d'autre part.

Peut-être sommes-nous encore loin de la vérité, car, il faut bien le dire, si la matière protéique augmente le coefficient de diffusion de la matière

minérale, elle augmente aussi souvent le potentiel osmotique des sels minéraux ; cette propriété de la matière protéique nous permet de reporter une partie du magnésium sur l'acide sulfurique et de partager ainsi les bases avec les acides sulfurique, carbonique et la matière protéique.

Néanmoins, la constitution moléculaire de la myrosine est difficile à établir, d'après l'analyse que je vous en ai donnée, et les hypothèses de groupements moléculaires que nous venons de faire ne sont rien moins que fondées. Nous ne trouvons pas de bases disponibles pour saturer ni les acides tels que nous les fournit l'analyse, ni la matière protéique. La matière protéique doit cependant être combinée aux oxydes d'après la formule générale des ferments, puisque les albumino-sels ne peuvent être considérés comme des ferments proprement dits. La chaux est insuffisante pour saturer tout l'acide sulfurique et la magnésie suffit à peine pour saturer l'acide carbonique; la base organique, la sinapine, dont la présence est constante dans la myrosine, est, sans doute, la cause de notre embarras. Je néglige l'acide phosphorique à cause de sa petite quantité. Quant au soufre non oxydé, il a une multiple origine; il provient de la matière protéique, elle-même, de l'essence de moutarde blanche et de l'acide sulfo-carbonique.

Comme je vous le faisais remarquer, contrairement à leur état ordinaire, les sels de chaux et de magnésie de la myrosine sont solubles; la myrosine est neutre; les sels ne s'y rencontrent donc pas à l'état de sels acides proprement dits; leur solubilité est facilitée par leur combinaison avec la matière organique, mais toute cette matière organique n'est pas le ferment.

Si nous nous reportons aux détails de l'analyse de la myrosine, nous trouvons que le poids de 42 gr. 53 d'acide sulfurique doit être ramené à 31 gr. 70, 10 gr. 80 d'acide sulfurique s'étant formés pendant les opérations de l'analyse; il nous reste 31 gr. 70 d'acide sulfurique en combinaison calcique dans la myrosine, ce qui nous donne 53 gr. 90 de sulfate calcique qui contient 22 gr. 20 de chaux, laissant 7 gr. 05 de chaux disponible. Des 75 grammes de matière organique de la myrosine il faut retrancher l'essence de moutarde blanche qu'elle retient, à défaut du glucose qu'elle ne retient point, tout comme il faut retrancher de l'acide sulfurique total, le bisulfate de sinapine qu'elle retient par petites portions. Tout compte fait, le poids moléculaire du ferment protéique de la myrosine serait 3.111, encore beaucoup plus petit que le poids moléculaire de la diastase de l'orge germée, qui était lui-même inférieur au

poids moleculaire de l'albumine; il est vrai que pour établir le poids moléculaire de la diastase et de la myrosine, je n'ai pas tenu compte ni du soufre ni du phosphore.

Nous verrons par la suite ce que nous enseigneront les comparaisons que nous pourrons faire des poids moléculaires des divers ferments entre eux, mais quoique la majorité des auteurs regarde, au point de vue chimique, la constitution de la matière protéique des ferments comme pareille à la constitution des peptones, je ne puis m'empêcher de vous dire que je considère la matière protéique des ferments, matière protéique à fonction acide, comme se rapprochant davantage de la molécule complexe des nucléines ou des globulines. Je ne veux point m'arrêter à ces vues de l'esprit qui, pour le moment, ne peuvent nous être d'aucun secours pour expliquer l'action des ferments.

La magnésie et l'acide carbonique se rencontrent dans la myrosine en quantité à peu près suffisante pour former du carbonate de magnésie dont la solubilité est provoquée, comme la solubilité du sulfate de chaux, par la matière organique.

Je vous ai dit que la myrosine existait et dans la graine de moutarde blanche et dans la graine de moutarde noire; vous allez pouvoir juger, par ce que je vais vous exposer, de la valeur considérable de la

matière fermentescible dans les fermentations; vous allez pouvoir vous rendre compte qu'un même ferment agissant au sein d'un milieu fermentescible différent donne des produits différents. N'est-ce pas là, vue par un certain côté, l'image de la pathogénie des maladies infectieuses ?

La myrosine attaque la sinalbine ($C^{30} H^{44} Az^2 S^2 O^{16}$) dans la farine de moutarde blanche et la dédouble par hydratation en une essence de moutarde douce; ($C^7 H^7 O. AzCS$) en bisulfate de sinapine et en glucose.

La myrosine attaque la sinigrine ($C^{10} H^{18} AzKS^2 O^{10}$) dans la farine de moutarde noire et la dédouble par hydratation en une essence de moutarde âcre ($C^3 H^7 O. AzCS$) en bisulfate de potasse et en glucose : ce sont là, tout au moins, les produits principaux de l'hydratation, du dédoublement de la sinalbine et de la sinigrine.

La myrosine mise en présence de la sinalbine, au contact de l'eau, scinde la sinalbine en s'attaquant au groupement glucose; le sulfocyanate de sinapine réagit au contact des albuminates et des albumino-sels de la myrosine; il précipite du sulfate de chaux; de l'acide carbonique est mis en liberté et il se produit du sulfate de magnésie que l'on retrouve dans les solutions avec le bisulfate de sinapine; la chaux fournit l'acide sulfurique, la magnésie fournit l'acide carbonique.

Mise en présence de la sinigrine ou myronate de potassium, la myrosine s'attaque avec son acide sulfurique au potassium dela sinigrine, il se forme du bisulfate de potasse et du glucose pendant que le radical allyle détaché par la formation du glucose s'éthérifie avec l'acide sulfocyanique. Ainsi, dans la moutarde blanche, la chaux détache le groupement glucose ; le glucose apparaît, en effet, dès le début de la réaction ; dans la moutarde noire, l'acide sulfurique attaque le potassium, détache le groupement sulfocyanate d'allyle ou essence de moutarde ; en effet, le glucose n'apparaît qu'après le dégagement de l'essence de moutarde. Vous savez que l'action de la myrosine met une certaine lenteur à se produire : cette lenteur permet de chercher le glucose au début de l'action de la myrosine sur la sinalbine et au début de l'action de la myrosine sur la sinigrine; pour ce cas particulier il suffit de faire agir la myrosine sur le myronate de potassium dans une capsule mince de porcelaine et de chauffer rapidement dès que se dégagent les premières molécules d'essence de moutarde; le groupement glucose n'existe pas encore ; mais il faut que cette opération soit très rapidement conduite, car le glucose ne tarde pas à paraître.

SIXIÈME LEÇON

DE LA MYROSINE (*Fin.*) — DES OXYDASES

Messieurs,

Ce qui nous intéresse, nous, tout particulièrement, c'est de connaître exactement le rôle de la matière minérale pendant la fermentation sinapisique. Lorsque nous aurons déterminé ce rôle pour l'une des moutardes, nous l'aurons déterminé pour les deux.

Examinons d'abord le rôle de la chaux, dominante minérale de la myrosine, dans la fermentation sinapisique. On peut priver la myrosine de la chaux qu'elle contient soit en précipitant la chaux par l'acide oxalique, soit en précipitant la chaux à l'aide d'un carbonate alcalin, l'un et l'autre calculés de manière à fournir aussi exactement que possible un oxalate ou un carbonate calcique avec la chaux que contient la myrosine, sans qu'il puisse y avoir excès d'acide oxalique ou de carbonate alcalin. Par l'action ainsi réglée de l'acide oxalique ou du carbonate alcalin sur la myrosine, nous pourrons nous

convaincre que si la myrosine décalcifiée est inerte, elle ne doit point son inaction ni à la présence de l'acide oxalique d'une part, ni à la présence du carbonate alcalin d'autre part, mais bien à l'action chimique propre de ces corps, à la précipitation de la chaux. Précipitons simultanément en deux vases séparés, un même poids de myrosine, 10 grammes, par exemple, représentant, 0 gr. 2925 de chaux; dissolvons la myrosine, ajoutons à la dissolution n° 1 0 gr. 3738 d'acide oxalique dissout à froid; agitons pendant quelques instants de manière à séparer, à solubiliser, autant que possible, la myrosine entraînée par le précipité; laissons reposer pendant vingt-quatre heures; lavons le précipité avec de l'eau distillée, précipitons dans les eaux de lavage, réduites à + 35° C., la myrosine avec de l'alcool fort, recueillons le précipité, séchons à 40° C. et mettons en contact avec le myronate de potassium; même après quelques heures, nous ne percevrons pas l'odeur de l'essence de moutarde; la liqueur de Fehling ne nous révélera pas de glucose.

Ajoutons à la solution n° 2, 0 gr. 55 centigr., de carbonate de soude en solution, attendons que le précipité soit formé; agitons pendant quelques instants, laissons reposer pendant vingt-quatre heures, filtrons, lavons le précipité ; ajoutons aux

eaux de lavage une goutte ou deux d'acide sulfurique, de manière à neutraliser la soude et à précipiter la myrosine qu'elle aurait dissoute ; précipitons encore par l'alcool fort, recueillons le précipité, séchons et faisons agir sur le myronate de potassium ; il ne se dégagera pas d'essence de moutarde, il ne se formera pas de sucre.

La myrosine privée de sa chaux, soit qu'on la lui prenne par l'acide oxalique, soit qu'on la précipite par un carbonate alcalin, demeure sans action sur la sinigrine. On ne peut pas accuser l'acide oxalique de nuire à la myrosine par sa seule présence puisqu'il n'a pas été ajouté en excès ; on ne peut pas accuser davantage le carbonate de soude, le sulfate de soude, l'acide sulfurique, puisqu'ils sont restés dissous ; tout au plus, pourrait-on objecter que nous avons changé, dans le cas d'intervention, du carbonate alcalin, la minéralisation de la myrosine, objection qui ne serait pas faite pour nous déplaire, car elle viendrait renforcer les expériences précédentes et les suivantes, sur la mobilité de l'action des ferments par l'interversion de la matière minérale.

Si, à ce mélange de sinigrine et de myrosine inactive, nous ajoutons quelques gouttes d'une solution de chlorure de calcium, nous percevons, au bout de quelques instants, l'odeur caractéris-

tique de l'essence de moutarde ; si, au mélange de myronate de potassium et de myrosine inactive, nous ajoutons une solution saturée de sulfate de chaux, vous savez que le sulfate de chaux se dissout dans l'eau dans la proportion de 0 gr. 30 p. 100, tout aussitôt l'essence de moutarde se développera et la fermentation suivra son cours ordinaire ; c'est donc bien la chaux dont nous l'avions privée qui manquait à l'énergie de la myrosine ; c'est donc bien la chaux et plus particulièrement le sulfate de chaux qui est l'agent incitateur de la fermentation sinapisique.

Nous venons de voir quelle est la part de la matière protéique seule dans le dédoublement du myronate de potassium ; elle est nulle ; nous venons de voir ce que pouvait la matière minérale ajoutée à la matière protéique, agissant simultanément sur les glucosides des moutardes ; nous devons nous demander quelle sera l'action isolée de la matière minérale sur les glucosides des moutardes.

Les sels de potassium, de sodium, sont sans action sur le myronate de potassium ; ajoutés à la myrosine déminéralisée ils sont également sans action sur le glucoside de la moutarde noire.

Le chlorure de lithium, le chlorure de baryum, le chlorure de strontium sont sans action ou ont une action peu nette sur la sinigrine ; le chlorure

de calcium est un agent d'attaque du myronate de potassium, un agent d'attaque faible ; il en est autrement des oxydes terreux hydratés, à la température ordinaire.

Deux cas peuvent se présenter dans l'action réciproque des oxydes terreux et du myronate de potassium. Le myronate de potassium est en excès par rapport à l'oxyde; l'oxyde est en excès par rapport au myronate de potassium. Dans le premier cas, au contact d'une base terreuse puissante, la fonction acide de l'éther sulfurique apparaît, car on peut considérer la sinigrine comme un sel de potasse d'un éther sulfurique, la fonction acide de la sinigrine apparaît ; il se produit un sulfate terreux, de l'essence de moutarde et du glucose ; la réaction est complète. Dans le deuxième cas, c'est-à-dire, lorsque les oxydes terreux sont en excès, il se produit un dédoublement incomplet de la sinigrine, il se forme un sucrate, un glucosate d'oxyde terreux. Pour être beaucoup moins simples qu'elles ne le paraissent, ces réactions montrent, d'une façon indubitable, que la matière minérale est dans la fermentation sinapisique, comme dans toutes les autres, du reste, l'agent principal de la transformation de la matière fermentescible; que c'est bien sur les oxydes terreux que reposent les hydratations de la matière organique.

Me serait-il permis de vous faire comparer le résultat de l'activité fonctionnelle, car, ne l'oublions pas, l'usage que nous pouvons user des farines de moutarde dans nos expériences n'est point autre chose qu'une image amoindrie, peu fallacieuse, d'une germination; me serait-il permis de vous faire comparer le résultat de l'activité fonctionnelle d'une base organique, la sinapine, et d'une base minérale, la potasse? Les atomes du carbone réduits de plus de la moitié, c'est-à-dire, le carbone oxydé laissant $C^3H^7O.AzCS$, au lieu de $C^7H^7O.AzCS$, laissant C^3 de carbone résiduaire, soit quatre atomes respectés par la sinapine et oxydés par la potasse; d'un côté, une essence douce, de l'autre côté, une essence âcre possédant une action physiologique intense?

D'ailleurs, l'action de la matière organique n'est point réductrice; la matière minérale seule, ou la matière organisée, s'appuyant sur la matière minérale, possèdent seules cette propriété de réduction, propriété vitale par excellence pour le règne animal superposé aux deux autres règnes de la nature.

Il existe une autre action de la myrosine, moins utile en apparence, mais non moins nette et peut-être plus précieuse que les précédentes : je veux parler de l'action *peptonisante* de la myrosine.

L'action peptonisante semble accompagner, à des degrés divers, tous les ferments diastasiques proprement dits. Nous avons rencontré cette action peptogène nulle, ou à peu près, dans l'amylase du ferment amylolytique; vous vous rappelez comment, en transformant l'amylase, ferment albumino-carbonaté, en ferment albumino-phosphaté, nous en avons fait un ferment peptogène, mieux et plus exactement peptonisant, démonstration, pas nouvelle pour nous, de la toute-puissance de la matière minérale sur les manifestations de la vie. La myrosine possède à un haut degré, par rapport à la diastase, des propriétés peptonisantes; la myrosine transforme, en peptones, son poids, environ, de fibrine fraîche.

Nous prenons du muscle de bœuf; nous le réduisons en pulpe en le raclant; nous le malaxons sous un filet d'eau jusqu'à complète décoloration; nous l'essorons entre deux feuilles de papier buvard jusqu'à ce que le papier ne se mouille plus; nous pesons 1 gramme de cette fibrine, nous la plaçons dans un cristallisoir avec 30 centimètres cubes d'eau distillée, dans laquelle nous avons fait dissoudre *10 centigrammes* de myrosine; nous laissons à l'étuve à la température moyenne de 38-39° C., pendant trente heures; à ce moment, les réactions propres aux peptones sont très nettes; le liquide qui

reste dans le cristallisoir précipite par le réactif de Tanret ; le précipité se dissout à chaud et se reforme à froid ; l'acide phosphomolybdique en solution chlorhydrique donne un précipité abondant, jaune pâle ; le sulfate de cuivre, en solution alcaline, donne une belle coloration rose ; ce sont là les principaux caractères distinctifs des peptones.

Nous recueillons alors ce qu'il reste de viande dans le cristallisoir, qui répand une odeur désagréable rappelant tout à la fois l'acide sulfhydrique, l'indol ou le scatol ; nous essorons cette viande comme nous l'avons essorée avant de la placer à l'étuve ; nous la portons sur la balance ; elle pèse 0 gr. 90 ; la myrosine a donc peptonisé 10 centigrammes de viande, 10 centigrammes de myrosine ont peptonisé 10 centigrammes, leur propre poids, de fibrine.

La myrosine contient-elle un ferment peptonisant proprement dit, une pepsine, une trypsine ? Les pepsines vraies n'agissent efficacement qu'en milieu acide ; or, le milieu dans lequel s'est faite la digestion de la fibrine, dans notre expérience, est resté neutre jusqu'au moment où nous l'avons retiré de l'étuve, tel qu'il était au moment où nous l'avons placé dans l'étuve. Les digestions en milieu neutre ou alcalin sont le résultat des trypsines ; le ferment peptonisant de la myrosine serait donc une trypsine, s'il existe.

La fibrine, matière fermentescible dans notre expérience, est un albumino-phosphate calcique, même mieux, la fibrine est, en même temps, un albuminate calcique et un albumino-phosphate calcique; la fibrine est, elle-même, d'après cette définition, un ferment, dans certaines circonstances.

Qu'est-ce que la peptonisation? La peptonisation est une hydratation des matières albuminoïdes, hydratation qui se produit dans certaines conditions d'humidité, de température; quoi d'étonnant, alors, que des ferments dont la fonction est d'hydrater la matière organique, attaquent même la molécule albumine toute résistante qu'elle soit; du moment qu'un oxyde avide d'eau peut être mis en liberté, si minime que l'on en suppose la quantité, il peut y avoir hydratation, digestion, dans le cas particulier; point n'est besoin d'un ferment spécial.

Ici, l'action de la matière fermentescible sur le ferment, et du ferment sur la matière fermentescible, est manifestement évidente; il se forme des peptones aux dépens de la matière fermentescible, cela est incontestable, mais, en même temps, il se forme du sulfure d'hydrogène et du sulfure de carbone aux dépens du ferment, cela n'est pas douteux, plus un corps azoté particulier dont l'odeur caractéristique révèle la présence, l'indol ou son dérivé,

le scatol. Au milieu des autres réactions de la fibrine sur la myrosine et de la myrosine sur la fibrine, je ne veux retenir que l'hydratation de l'albumine, la peptonisation, la peptonisation en milieu neutre, la peptonisation accompagnée de déchets semblables à ceux que l'on rencontre dans la fermentation pancréatique, fermentation par hydratation, comme nous le verrons plus tard. Tous les ferments hydratants sont donc capables, à des degrés divers, dans des conditions propres à chacun, de peptoniser la fibrine, d'hydrater les albuminoïdes ; la fonction du ferment diastasique est d'hydrater la matière fermentescible accessible à son action, quelle que soit cette matière fermentescible, si l'on place le ferment à son *optimum* d'action, et la matière fermentescible à son *maximum* d'accession ; la diastase de l'orge germée peptonisant à + 70° C., et la pepsine saccharifiant à + 38° + 40° C. L'hydratation paraît liée à la présence de la chaux, tout au moins, chez les deux ferments que nous venons d'étudier.

La myrosine, comme la diastase, peut être entravée dans son action par un certain nombre de composés chimiques. D'autres corps favorisent l'action de la myrosine, l'alumine, le carbonate de cuivre, le carbonate de baryte, ajoutés en petite quantité.

DES OXYDASES

Nous venons d'étudier deux types de ferments solubles, deux diastases, deux ferments hydratants.

Le premier transforme l'amidon en sucre, en glucose ; la matière amylacée contient dix atomes d'hydrogène, le glucose en contient douze, deux atomes de plus qu'il a empruntés à l'eau. Le second ferment, transforme la sinalbine de la moutarde blanche et la sinigrine de la moutarde noire, au contact de l'eau, en essences de moutarde et en dextrose ; la sinalbine contient quarante-deux atomes d'hydrogène et la somme de ses produits de dédoublement en fournit quarante-quatre; la sinigrine contient seize atomes d'hydrogène et le produit de ses dédoublements en fournit dix-huit ; c'est une hydratation évidente. L'hydrogène fixé est emprunté à l'eau dissociée par la matière minérale qu'elle dissocie à son tour ; c'est ainsi que nous avons pu expliquer les phénomènes de la fermentation.

Vous avez pu être surpris de ce qu'un poids fort minime, plus petit, peut-être, que nous ne l'avons trouvé, de matière minérale, soit capable de pro-

duire de si grands ravages au sein de la matière fermentescible ; les ferments dont nous allons commencer aujourd'hui l'étude, vous réservent de plus grandes surprises encore, sous ce rapport.

Les *oxydases*, du grec ὀξύς et de la terminaison *ase*, que l'on a adoptée pour désigner les ferments diastasiques, sont, comme leur nom l'indique, des ferments *oxydants*. Les *hydrastases* ou ferments *hydratants* fixent l'*hydrogène;* les *oxydases* fixent l'*oxygène*.

La connaissance des oxydases est de date récente; la première oxydase a été isolée et décrite par G. Bertrand en 1893.

Depuis Wollaston, divers auteurs, dit G. Bertrand, avaient constaté les réactions caractéristiques des oxydases, mais ils n'avaient pu en déterminer la cause. Traube est le premier, je crois, qui en 1858 ait prononcé le mot de ferment oxydant. Schönbein attribua les réactions des oxydases à l'ozone. Struve en 1872, signala les réactions des oxydases dans la salive, le pus, le sang, etc., mais sans en connaître la cause. En 1892, Jacquet démontre que le poumon, le rein, le muscle de cheval, oxydent l'alcool benzylique et l'aldéhyde salycilique.

Un chimiste japonais, Hikorokuro Yoshida, reconnut, en 1893, que l'oxydation de la laque japo-

naise était provoquée par un ferment soluble. Lindet, en 1893, crût reconnaître que l'oxydation du tanin des pommes était le fait d'un ferment oxydant.

La même année, G. Bertrand préparait et fixait la nature du premier ferment oxydant, de la première oxydase connue, extraite du latex du *Rhus succedanea* de Linné fils; G. Bertrand donna à cette oxydase le nom de *Laccase*.

Les oxydases, très répandues dans le règne végétal et dans le règne animal, sont des agents de combustion, de vrais agents respiratoires ; elles fixent l'oxygène, oxydent la matière carbonée et dégagent de l'acide carbonique.

Rappelez-vous ce que je vous disais l'année dernière : les ferments sont destinés à remplacer, pour les fonctions de la vie, la violence des forces physiques et chimiques de nos laboratoires. Le travail des oxydases est la source la plus considérable de l'énergie que consomment les animaux, et, c'est une quantité *impondérable* de *matière minérale* qui produit ces grands phénomènes. Les ferments hydratants et les ferments oxydants sont les ferments dominants de la vie; les autres, car il y en a d'autres, opposés aux précédents, sont des ferments secondaires que l'on peut sans peine ordonner à côté des premiers, mais, tous puisent

leurs forces dans leur matière minérale dont on ne saurait les séparer sans les annihiler.

Les sucs de tous les végétaux, les sucs de tous les animaux contiennent une oxydase souvent liée à une hydrastase, pour ne pas dire toujours liée à une hydrastase; deux oxydases, deux ferments oxydants, peuvent aussi se rencontrer en état d'association, prenant chacun un corps fermentescible propre.

Les oxydases ne sont pas également répandues chez le même individu : selon les besoins, elles se localisent plus spécialement dans un organe ; la présence, mais surtout l'abondance d'un ferment oxydant dans un tissu dépend de son âge, de l'âge du tissu. Les organes en voie de développement rapide sont les plus riches en ferment oxydant ; ils sont aussi les plus riches en glycogène, en ferments amylolytiques et glycolytiques ; coïncidence qui pourrait paraître singulière, si nous ne la savions pas téléologique, les organes en voie de développement sont encore les plus minéralisés.

Le sang, le lait, le pus, la salive, le mucus nasal, les larmes, le sperme, le foie, le poumon, le rein, les muscles, etc., etc., contiennent un ferment oxydant, et, à côté de lui, un ferment hydratant.

La *laccase*, le premier ferment oxydant connu et étudié, a été extraite du latex du *Rhus succedanea*.

(L. f.) Le suc ou latex de l'arbre à laque du Tonkin (l'arbre à laque du Japon dont le latex avait servi aux expériences de Yoshida est le *Rhus vernicifera*), (D. C.), le suc de l'arbre à laque du Tonkin a l'aspect d'une crème épaisse ; exposé à l'air, il se recouvre d'une pellicule noire, épaisse, résistante, qui protège le latex sous-jacent. Le corps qui noircit à l'air est la partie fermentescible du latex, c'est le *laccol.*

Pour préparer la laccase on mélange le latex avec cinq ou six fois son poids d'alcool fort ; le ferment insoluble dans l'alcool fort précipite et toute action oxydante est arrêtée; le laccol ne noircit plus. On verse le magma sur une toile fine ; il passe un liquide jaune-brun qui contient la matière fermentescible, le laccol ; il reste sur la toile un précipité volumineux qui retient toute la laccase. Ce précipité est délayé dans l'alcool à plusieurs reprises ; chaque fois on filtre, on continue l'opération jusqu'à ce que le *filtratum* ne se trouble plus par addition d'eau. On reprend le précipité par l'eau froide qui le dissout excepté quelques traces de laccol oxydé pendant les manipulations ; on ajoute à la solution aqueuse quatre à cinq fois son volume d'alcool fort qui précipite la laccase en dissolution ; on la recueille dans un filtre et on la dessèche dans le vide.

Le suc de l'arbre à laque est la source la plus abondante de laccase; on peut extraire de la laccase du suc du trèfle ou de la luzerne en pleine végétation, de certains champignons; le ferment oxydant des champignons est soluble dans l'alcool de moyenne concentration.

La laccase que voici est une substance de couleur blanc grisâtre; elle nous a été gracieusement offerte par le savant préparateur du Muséum; elle est inodore, insipide, s'attache aux dents comme la gomme; elle est rugueuse au toucher, friable, très soluble dans l'eau, dans la glycérine; elle est insoluble dans l'alcool; ses solutions sont à peine acides; elles diffèrent des solutions des gommes solubles par leur plus grande fluidité.

Chauffée avec l'acide chlorhydrique concentré, en présence de l'*orcine*, la laccase donne une couleur violette; l'acide azotique d'une densité de 1,2, agissant sur la laccase, donne 24 p. 100 d'acide mucique; par hydrolyse, elle produit de la galactose et de l'arabinose (Bertrand).

Analyse de la laccase (G. Bertrand).

Gomme (arabane et galactane).	86 gr. 77	p. 100
Azote	0 — 41	—
Cendres	5 — 58	—
Eau (à + 120°).	7 — 40	—

La quantité d'azote 0 gr. 41 correspond, si nous

considérons le ferment comme une albuminoïde, nous verrons que le ferment est un albuminate, à 0 gr. 025 de produit actif p. 100 de la substance dont nous venons de donner l'analyse, soit à 0 gr. 25 p. 1000 de substance.

La laccase de l'arbre à laque n'attaque ni l'amidon, ni la pectine, ni la saccharose, ni l'amygdaline, ni la sinigrine, ni la fibrine.

Le ferment oxydant, extrait du trèfle ou de la luzerne, est mélangé à plusieurs diastases, dont les fonctions sont diverses.

Voilà pour le ferment; voyons ce qu'est la matière fermentescible.

Le laccol est la matière fermentescible de l'arbre à laque; il possède des propriétés rubéfiantes intenses et son maniement est fort dangereux, aussi n'a-t-on pu, jusqu'à présent, étudier complètement ce corps, mais on peut dire que par l'ensemble de ses réactions il se rapproche de certains phénols polyatomiques; précisément à cause de la parenté du laccol avec certains phénols polyatomiques d'un emploi facile et inoffensif, G. Bertrand, choisit comme aliment de la laccase, l'hydroquinone et le pyrogallol; à côté de ces corps artificiels, l'acide gallique, le tanin, sont pareillement oxydés par la laccase.

On démontre l'action du ferment oxydant sur les corps oxydables de la manière suivante :

Dans un ballon à robinet tenant le vide, on fait passer, par aspiration, une solution d'hydroquinone à 1 ou 2 p. 100; on stérilise le tout à + 120° C. Après refroidissement, on aspire un peu de solution de laccase, préparée aussi aseptiquement que possible, puis on laisse rentrer l'air, à travers une bourre de coton; on ferme le robinet et l'on met le ballon en agitation continue. Le liquide se colore aussitôt en rose; il devient de plus en plus foncé, puis, tout à coup, la sursaturation cesse et l'on voit apparaître, en abondance, des lamelles cristallines verdâtres, à éclat métallique; au bout de quelques heures, l'oxygène renfermé dans le ballon a presque complètement disparu; le liquide exhale une odeur forte et caractéristique due à la quinone; le précipité cristallin est une combinaison équimoléculaire de quinone et d'hydroquinone, de quinhydrone.

Une solution d'hydroquinone peut être agitée pendant plusieurs jours, à l'air, sans absorber d'oxygène, sans s'altérer, en l'absence de laccase ou avec une solution de laccase maintenue pendant plusieurs minutes à + 100° C. Il est donc certain que l'hydroquinone a été oxydée sous l'influence de la laccase par l'oxygène gazeux.

Les hydrogènes phénoliques de l'hydroquinone

ont formé de l'eau et il s'est produit de la quinone :

$$2C^6H^4\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown OH\end{matrix} + O^2 = 2H^2O + 2C^6H^4\begin{matrix}\diagup O \\ \diagdown O\end{matrix}$$

Lorsqu'on traite le pyrogallol par la laccase, en présence de l'air, il précipite une poudre donnant par sublimation de belles aiguilles rouge-orangé, solubles dans l'alcool et l'acide acétique et qui se colorent en beau bleu par l'ammoniaque; il faut avoir soin d'ajouter l'ammoniaque en fort petite quantité.

On constate que l'oxygène absorbé a été remplacé, pour la plus grande partie, par du gaz acide carbonique.

En opérant sur 1 gramme de pyrogallol dissout dans 60 centimètres cubes d'eau, G. Bertrand a obtenu :

Première expérience, après cinq heures d'agitation :

Oxygène absorbé.	23 c^3 3
Acide carbonique dégagé . . .	13 c^3 7

Deuxième expérience, après six heures d'agitation :

Oxygène absorbé.	29 c^3 8
Acide carbonique dégagé . .	16 c^3 3

C'est là le premier exemple de réaction diastasique avec échange gazeux, le premier exemple

d'une respiration sous l'influence d'un ferment.

Dans les mêmes conditions d'expérimentation, 1 gramme d'acide gallique en solution au centième, absorbe, en quatre heures, 12 centimètres cubes d'oxygène et dégage 8 centimètres cubes d'acide carbonique; avec le tanin, les résultats obtenus ont été les suivants :

Oxygène absorbé (d'après l'équation $\frac{CO^2}{O}$) · CO^2 *dégagé.*	
3,2	1,0
4,7	0,7
3,8	2,8
6,9	2,7

Lorsqu'on fait passer, durant trente heures, un courant d'air dans la solution suivante :

Hydroquinone	3 gr.	
Laccase.	0	20 c.
Eau	50 c^3	

toute l'hydroquinone est dédoublée; or, la laccase employée ne contenant que 0 gr. 095 d'oxygène ne peut fournir les 0 gr. 266 nécessaires à la réaction.

La laccase est donc un ferment oxydant, une diastase oxydante; de plus la réaction de la laccase est bien la réaction d'un ferment, comme nous le verrons, et non point une réaction ordinaire de laboratoire; c'est la laccase qui *attire* l'oxygène, qui dédouble l'hydroquinone.

SEPTIÈME LEÇON

LES OXYDASES (*Fin.*)

Messieurs,

La laccase exerce sa puissance sur un grand nombre de substances autres que l'hydroquinone et le pyrogallol, mais ces substances appartiennent toutes à la série aromatique ; ce sont des polyphénols dont les oxhydriles phénoliques sont placés les uns par rapport aux autres en *ortho*, ou mieux en *para* : ceux en *méta* s'oxydent peu.

Les solutions d'hydroquinone, de pyrocatéchine, de résorcine, agitées au contact de l'air et de la laccase, dans un ballon à robinet, sont différemment attaquées. 100 centimètres cubes d'une solution aqueuse d'hydroquinone à 1 p. 100 donne lieu aux échanges gazeux suivants, après quatre heures :

Oxygène absorbé.	CO^2 dégagé.
32 c^3	1 c^3 7

100 centimètres cubes d'une solution aqueuse

de pyrocatéchine à 1 p. 100 donne, après quatre heures :

Oxygène absorbé.	CO^2 dégagé.
17 c^3 4	2 c^3 8

100 centimètres cubes d'une solution aqueuse de résorcine à 1 p. 100 donne après quinze heures :

Oxygène absorbé.	CO^2 dégagé.
0 c^3 6	0 c^3 0

L'oxydabilité des différents polyphénols sous l'influence de la laccase dépend de la facilité avec laquelle ils peuvent se transformer en quinones ; les corps facilement attaquables par la laccase appartiennent à la série du benzol (G. Bertrand), possèdent au moins deux des groupements OH ou Az H^2 dans leur noyau, situés les uns par rapport aux autres soit en position *ortho*, mais surtout en position *para ;* c'est là le caractère distinctif de la laccase ferment. Qu'est-ce à dire ? Les ferments oxydants pas plus que les ferments hydratants ne peuvent déployer toutes leurs qualités qu'au contact, que vis-à-vis d'une matière fermentescible propre, afférente à leur constitution ; à chaque étape de la transformation de la matière organique, à chaque matière fermentescible, correspond un ferment particulier ; il y a, dans le jeu régulier des phénomènes de la vie, autant de ferments actuels

que de substances fermentescibles, instables et fugaces les uns et les autres, au point qu'il est presque impossible de saisir la suite de leurs actions, car l'un, celui qui suit, dévore la matière à mesure que l'autre, celui qui précède, la prépare.

Les réactions de la laccase sont les suivantes : elle précipite le pyrogallol de ses solutions ; le précipité est formé de petites aiguilles, réunies en boule, de couleur orangée ; ce précipité se dissout dans l'ammoniaque en donnant une belle couleur bleue. La laccase et les ferments oxydants, en général, donnent avec la *teinture de gaïac* une couleur bleue dont l'intensité varie avec la quantité ou la qualité du ferment ; cette réaction permet de rechercher les ferments oxydants dans les sucs végétaux et animaux.

Qu'est-ce que la laccase ? La laccase est riche en cendres ; les cendres contiennent 2 gr. 5 de manganèse p. 100. Lorsqu'on soumet une solution aqueuse de laccase à une précipitation fractionnée par l'alcool, on obtient deux ferments dont l'un est plus actif et l'autre moins actif que la laccase mise en solution ; si l'on compare entre eux ces ferments, si l'on compare à la laccase, le premier et le deuxième ferments précipités par l'alcool, on constate que leur pouvoir oxydant varie comme leur teneur en manganèse. Est-ce donc au manganèse que la laccase

doit ses qualités oxydantes? Il est impossible de retirer le manganèse de la laccase sans l'altérer, mais il existe, dans le suc des végétaux des laccases plus ou moins riches en manganèse; telle est le ferment oxydant de la luzerne qui contient un peu moins de $\frac{1}{50000}$ de manganèse. En dissolvant dit G. Bertrand, 0 gr. 10 de laccase de la luzerne dans 50 centimètres cubes de solution d'hydroquinone, « on n'observe, même après vingt quatre heures d'agitation continue au contact de l'air, qu'une couleur rouge. Au contraire, si l'on ajoute à la même solution *un milligramme* de manganèse (par exemple à l'état de sulfate), il suffit de deux heures environ pour voir apparaître les premiers cristaux de quinhydrone, témoins évidents de l'oxydation ».

« L'expérience peut d'ailleurs être conduite quantitativement; on opère alors suivant la méthode que j'ai déjà décrite et l'on mesure l'oxygène absorbé. On trouve ainsi, pour les proportions de substances indiquées ci-dessus, et une agitation uniforme de six heures, à la température ordinaire (vers 15°) :

« 1° Avec le manganèse seul (expérience témoin). 0c³,3

« 2° Avec la laccase seule (de la luzerne). 0c³,2

« 3° Avec la laccase additionnée de manganèse. 6c³,3

« J'ajouterai que le manganèse ne paraît remplaçable d'une manière utile, par aucun autre métal, même par le fer ; j'ai essayé toujours à la dose de 1 milligr. de métal, pris sous forme de sulfate :

Le fer, l'aluminium, le cerium, le zinc, le cuivre, le calcium, le magnésium, le potassium.

Dans aucun cas, le volume d'oxygène absorbé n'a dépassé quelques dixièmes de centimètre cube. Encore, cette légère oxydation peut-elle être attribuée à la très petite proportion de manganèse qui restait dans la laccase mise en expérience. »

Revenons à l'analyse de la laccase ; la laccase annamite contient, en moyenne :

Cendres . . . . . . 51 gr. 9 p. 1000

Les cendres contiennent, en moyenne :

Manganèse . . . . 22 gr. 50 p. 1000

La laccase contient encore, en moyenne :

Azote . . . . 4 gr. 91 p. 1000

De la présence de l'azote dans la laccase, du résultat de l'expérience n° 3 ci-dessus, des propriétés générales de la laccase, nous pouvons déduire que la laccase est un ferment diastasique, un sel biochimique, un albuminate de manganèse. La réponse à notre question sera donc : la laccase est un *albumi-*

nate de manganèse ayant les propriétés des oxydes de manganèse, tout comme la diastase de l'orge germée est un *albuminate de chaux*, ayant les propriétés des *oxydes de calcium*. D'après nos idées la formule de la laccase est :

$$Mn^n\ O^n,\ Pr^n\ H^2O + Mn^n\ O^n\ R^n\ H^2O$$

Il ne vous a pas échappé, tout à l'heure, que le manganèse seul, pris comme témoin dans les expériences de Bertrand, absorbait fort peu d'oxygène, que la laccase de la luzerne seule en absorbait encore moins, mais que la laccase additionnée de manganèse en absorbait beaucoup ; le manganèse seul absorbait 3 dixièmes de centimètre cube, la laccase de luzerne seule absorbait 2 dixièmes de centimètre cube et la laccase et le manganèse ensemble absorbaient 10 centimètres cubes 3 dixièmes. Cette colossale différence dans les trois résultats obtenus provient de deux causes : de l'action de la matière azotée sur le manganèse et de l'action réciproque du manganèse sur la matière azotée, action accélérée par la présence d'autres sels.

Les sels manganeux possèdent la propriété de fixer l'oxygène libre sur l'hydroquinone, le pyrogallol, le paramidophénol, la résine de gaïac et autres corps voisins. Le sel manganeux agit par sa *pré-*

sence, il attire sur la substance organique l'oxygène gazeux.

Voici d'ailleurs la théorie que donne G. Bertrand de l'action oxydante de la laccase.

« Si, dit-il, l'on veut admettre que les sels de manganèse, en solution aqueuse, sont partiellement hydrolysés, c'est-à-dire, transformés par fixation d'eau en un mélange d'acide libre et de protoxyde de manganèse,

$$RMn + H^2O = RH^2 + MnO,$$

on se rendra très bien compte du rôle des sels manganeux dans les expériences précédentes.

Le protoxyde de manganèse, on le sait, s'oxyde spontanément au contact de l'air. Au cours de cette oxydation, la molécule d'oxygène libre O^2 est nécessairement scindée en deux atomes, atomes non saturés et par conséquent plus actifs ; l'un d'eux se porte sur une molécule de protoxyde de manganèse pour donner du bioxyde,

$$MnO + O^2 = MnO^2 + O,$$

tandis que l'autre peut se fixer indifféremment sur une nouvelle molécule de protoxyde ou sur un autre corps oxydable, tel que l'hydroquinone, qui seul, résisterait au contact de l'oxygène moléculaire.

L'expérience montre, en effet, qu'une solution

d'hydroquinone, contenant du protoxyde de manganèse en suspension, donne à la fois, au contact de l'air, du bioxyde et de la quinone.

Cette réaction doit donc tout d'abord se passer quand on ajoute un sel manganeux à une solution d'hydroquinone. Mais alors, il y a, en présence de l'acide libre, du bioxyde de manganèse et un excès de corps oxydable. Grâce à ce dernier, dont la chaleur d'oxydation s'ajoute à celle de formation du sel manganeux, il y a réaction entre l'acide et le bioxyde,

$$RH^2 + MnO^2 = RMn + O$$

un second atome d'oxygène se fixe sur une nouvelle quantité d'hydroquinone et le sel primitif est régénéré.

Il suit de là qu'un poids déterminé de sel manganeux doit oxyder, aux dépens de l'air, un poids illimité d'hydroquinone, ou de tout autre corps pareillement oxydable, si, comme on l'a admis plus haut, sa solution aqueuse est partiellement hydrolysée. Je puis ajouter maintenant qu'une telle hydrolyse n'est pas douteuse. Il suffit pour s'en convaincre, d'abandonner à l'air une solution diluée d'un sel de manganèse ; on voit se former à la longue un précipité brun de bioxyde. La réaction, très lente à la température ordinaire, est beaucoup plus

rapide à l'ébullition. En outre (je me permets de souligner le passage suivant), *ce sont les sels dans lesquels l'affinité de l'acide pour le métal est la plus faible, c'est-à-dire les sels à acides organiques et surtout ceux à acides organiques de poids moléculaire élevé, qui sont les plus hydrolysables et qui donnent le plus aisément un précipité de bioxyde; ce sont aussi ceux qui agissent le plus rapidement sur l'hydroquinone.* »

Vous comprenez mieux, maintenant, pourquoi nous avons cherché le poids moléculaire de l'albunoïde des ferments hydratants, poids moléculaire que nous avons trouvé, même en admettant de grandes erreurs, très élevé, se rapprochant de l'albumine ordinaire plus que des acides organiques; *plus le poids moléculaire de l'acide organique est élevé, plus ses sels sont hydrolysables;* nous entrevoyons dans ce fait, en partie du moins, l'explication de la terrible activité des *toxines*.

Je ne trouve rien à reprendre à cet exposé théorique de la fermentation oxydante; cependant, les phénomènes de l'oxydation comme ceux de l'hydratation sont plus complexes, quoique s'éloignant les uns des autres par quelques points de détail. La fermentation, nous l'avons dit au début de ces leçons, est une réaction chimique de double décomposition. L'albuminate métallique, malgré l'hydrolyse, épuiserait rapidement ses forces, si des sels à

acides organiques, des sels doubles albumino-organiques ne venaient ajouter leur activité à celle de l'albuminate mise en jeu par l'hydrolyse. Dans les fermentations amylolytiques, nous l'avons vu, l'acide carbonique vient ajouter son action d'acide, ou plutôt vient opposer son action d'acide à l'action acide de la matière protéique, et, de l'inégalité du potentiel de diffusion et de l'un et de l'autre résulte pour une large part l'hydratation de l'amidon. Quelque jour nous reviendrons sur les actions chimiques intimes et plurielles des fermentations, mais remarquez dès aujourd'hui que, par une coïncidence qui n'est point fortuite, à une fermentation oxydante correspond la présence d'un métal dont la fonction est oxydante ; à une fermentation hydratante correspond la présence d'un métal dont la fonction est hydratante.

La laccase retient, comme les autres ferments diastasiques, quelques-uns des produits de la fermentation ; c'est à la présence de l'hydroquinone que les solutions de laccase doivent la propriété de pouvoir rester pendant plusieurs jours exposées à l'air sans qu'il s'y développe aucune moisissure.

Il existe des ferments oxydants plus ou moins actifs ; sous le rapport de l'activité, nulle laccase ne ressemble à une autre laccase ; il en est de même pour tous les autres ferments ; ils peuvent avoir des

actions identiques, mais leur coefficient de fermentation diffère selon le poids et la qualité de leur minéralisation. Il est des ferments dont l'existence passe inaperçue parce qu'ils ne sont pas minéralisés; mais vient-on à leur donner la minéralisation convenable, tout aussitôt se manifeste leur action; témoin le ferment oxydant de la luzerne; ce nous paraît être un sujet profond de méditations pour le pathologiste et pour le physiologiste ! En présence de cette action propre de la matière minérale chez les ferments, il est permis de se demander si ce n'est point la matière minérale exclusivement qui fait le ferment, s'il n'existe pas une matière protéique avide de minéralisation, conservant les affinités électives du protoplasma où elle est née, pour des substances minérales déterminées; en un mot si, par sélection, l'*aptitude minérale des protoplasmes* n'est point devenue invariable, en apparence du moins, quant à la mesure du temps dont nous disposons. Les expériences à l'aide desquelles je vous ai montré le changement d'aptitude de la diastase, de l'orge germée tandis que nous changions sa minéralisation, pourraient nous laisser deviner le trait d'union qui unit les transformations diverses des ferments dans la suite des âges.

Voici une série d'expériences sur les ferments oxydants qui accompagnent l'amylase et la myro-

sine, comme je vous l'ai démontré à l'aide de la teinture de gaïac, dans une des précédentes leçons.

Prenons une solution très récente de permanganate de potasse au $\frac{1}{500000}$; il faut que la solution de permanganate soit récente, car l'eau dissocie, hydrolyse assez rapidement le permanganate qui rétrograde à l'état de manganate, charge la solution d'oxygène et trouble complètement les réactions. Voici une solution de pyrogallol ; voici de la teinture de gaïac ; j'ajoute à ces solutions la solution de permanganate de potasse, j'agite longuement et vous pouvez constater que la teinture de gaïac donne un précipité grisâtre, mais nullement coloré en bleu ; vous pouvez constater que la solution de pyrogallol reste incolore, qu'elle ne brunit point ; la solution récente de permanganate de potasse au $\frac{1}{500000}$ n'oxyde pas la résine de gaïac ; n'oxyde pas le pyrogallol.

Voici la couleur bleue donnée par l'action de la diastase de l'orge germée sur la teinture de gaïac ; cette couleur est peu intense ; ajoutons la solution de permanganate qui n'oxydait pas, nous venons de le voir, la résine de gaïac ; presque aussitôt l'oxydation du gaïac, de l'acide gayaconique, devient plus intense et conséquemment la coloration bleue augmente de ton au point de se rapprocher de la couleur bleue de la laccase que voilà !

Avec la myrosine se produisent les mêmes phénomènes, mais la myrosine demande plus de manganèse que la diastase.

Pour la salive, au sein de laquelle la résine de gaïac s'oxyde avec une extrême lenteur, l'addition de quelques gouttes d'une solution de permanganate de potasse au $\frac{1}{500\,000}$ active l'oxydation dans des proportions absolument démesurées par rapport à l'oxygène que peut fournir le permanganate; l'oxygène libre est vivement attiré et retenu.

Le permanganate de potasse n'est pas le seul sel de manganèse capable de produire de pareils effets ; tous les composés du manganèse sont capables, à des degrés divers, selon la qualité de l'acide en combinaison, de la même action.

Dans ces différentes réactions, l'oxydation par le manganèse ne vient pas s'ajouter seulement à l'action de la diastase oxydante, car cette action oxydante est hors de proportion, de toute proportion, avec la quantité d'oxygène absorbé ; enfin, il y a absorption d'oxygène gazeux, il y a respiration, échange gazeux aux dépens de la matière fermentescible; nous pouvons dire que nous sommes déjà dans le domaine de la chimie biologique, loin de la chimie organique, à proprement parler, puisque entre la somme des éléments gazeux absorbés ou dégagés et les éléments gazeux disponibles des

corps réagissants, on ne peut établir aucun rapport; la simple réaction chimique est devenue la fermentation, la double décomposition chimique, jusqu'à ce que la matière minérale précipitée soit devenue inerte, momentanément.

Après ce que vous venez de voir, vous ne vous arrêterez plus, je pense, à l'objection tirée du poids souvent infinitésimal de la matière minérale que l'on rencontre dans la matière vivante, pour nier la haute valeur, l'indispensable utilité de la matière minérale dans les actes de la vie; je viens de faire agir devant vous une solution de permanganate de potasse au $\frac{1}{500\,000}$, contenant par centimètre cube 0 gr. 0000005952 de manganèse métallique.

M. Bourquelot, confirmant un fait déjà connu depuis 1867 au moins (Dorvault), a constaté que la gomme arabique vraie, fournie par l'*acacia vera* et la gomme arabique du Sénégal fournie par l'*acacia senegalensis* bleuissait, oxydait, disons-nous aujourd'hui, la teinture de gaïac; il a constaté, en outre, que la gomme arabique oxydait le *gaïacol*, le *naphtol* α, la *naphtylamine*, la *veratrylamine*, le *crésol*, l'*acétylgaïacol* et très lentement le *phénol*.

Les mêmes gommes colorent par oxydation les solutions d'extraits de quinquina et de bistorte en brun ou brun-rouge, sans les troubler. De plus,

M. Bourquelot a trouvé un ferment oxydant dans diverses gommes résines ; il démontre, enfin, que le ferment oxydant des champignons, détruit la plupart des pigments végétaux, ce qui expliquerait pourquoi les champignons ne contiennent pas de chlorophylle.

La gomme dite arabique qui n'est autre que la gomme du Sénégal, le plus souvent, se compose de *gummate* de chaux et de potasse (Fremy) et d'albuminate manganeux.

Analyse de la gomme du Sénégal.

Azote	0 gr.	525	p. 1000
Matière organique. .	810 —	470	—
Cendres	28 —	000	—
Manganèse.	0 —	0001024	—
Eau	161 —	000	—

La matière organique de la gomme est composée d'acide gummique, de matière protéique en très faible proportion.

Les cendres se composent de carbonate de chaux, de carbonate de potasse et d'oxyde de manganèse ; les carbonates proviennent de l'incinération de la matière organique qui fournit l'acide carbonique.

Les cendres de la gomme arabique contiennent 0 gr.043 de protoxyde de manganèse p. 1.000, soit 0 gr. 000043 par gramme de cendres.

Lorsqu'on fait agir sur la gomme en solution de

l'azotate acide de mercure, il se forme, au bout de vingt-quatre heures, un précipité de couleur rosée ; le liquide surnageant est violet.

Par un calcul des plus simples, nous voyons que chaque gramme de gomme contient 0 gr. 000000344 de protoxyde de manganèse ou 0 gr. 0000001023744 de manganèse métallique ; telle est la force des moyens minéralogiques employés par la gomme pour oxyder les tanins, les phénols, etc.

Lorsqu'on fait agir les cendres de la gomme seules sur la teinture de gaïac, la coloration caractéristique, la coloration bleue de l'oxydation n'apparaît pas.

Lorsqu'on précipite par un carbonate alcalin une solution de gomme, la solution filtrée n'oxyde plus la teinture de gaïac ; lorsqu'on fait passer pendant plusieurs heures un courant d'acide carbonique dans une solution de gomme, qu'on laisse reposer et qu'on filtre la liqueur, la liqueur gommeuse filtrée n'oxyde plus la teinture de gaïac.

Reprenons un à un tous les détails des expériences précédentes et cherchons à les comprendre.

L'azotate acide de mercure ou réactif de Millon colore en rose les matières albuminoïdes ; nous avons trouvé cette coloration caractéristique dans la gomme ; la gomme contient donc une matière albuminoïde représentée par l'azote dosé ; l'oxyde

puce de plomb colore en rouge, avec l'acide azotique les cendres de la gomme ; cette réaction est l'une des plus sensibles pour déceler le manganèse ou ses sels ; la gomme contient donc du manganèse ; à côté du gummate de chaux et de magnésie il existe dans la gomme un albuminate de manganèse ; c'est le ferment oxydant.

Quand on veut doser le manganèse, on le précipite sous forme de carbonate incolore. Les cendres de la gomme n'agissent point sur la résine de gaïac parce que le manganèse s'y trouve à l'état de carbonate insoluble. Un dix millième de milligramme de manganèse ou trois dix millièmes de milligramme d'oxyde de manganèse, soit un gramme de gomme, que dis-je, quinze millioniėmes de milligramme, soit 3 centimètres cubes d'une solution de gomme à 1 p. 100, oxydent la résine de gaïac ; en voici la preuve ; je prends 3 centimètres cubes d'une solution de gomme à 1 p. 100, j'ajoute à cette solution quelques gouttes de teinture de gaïac, et, vous pouvez le constater, la teinture de gaïac vire au bleu. Elle est inouïe, cette puissance de la matière minérale associée à la matière protéique !

Mais cette action de la matière minérale est-elle bien réelle ? Elle est si réelle que, je vous l'ai démontré, elle peut seule, sans le secours de la

matière organique, protéique, provoquer une fermentation, ce que ne saurait faire la matière protéique isolée. Procédons, néanmoins, malgré les démonstrations déjà accumulées, pour les ferments oxydants comme nous avons procédé pour les ferments hydratants ; déminéralisons les solutions gommeuses, par un carbonate alcalin, le carbonate de potasse ; il se forme un précipité que nous séparons par filtration ; la solution gommeuse ainsi déminéralisée n'est plus oxydante, mais, par contre, elle a acquis une nouvelle propriété, comme nous nous en sommes assuré avec la laccase, elle peptonise la fibrine. La matière organique privée du manganèse précipité sous forme de carbonate en même temps que la chaux, ne bleuit plus la teinture de gaïac ; c'est bien le manganèse qui est, dans la gomme, la laccase, l'agent incitateur de l'oxydation, l'agent provocateur de la fermentation. Le manganèse précipité en combinaison insoluble demeure inactif ; la matière protéique isolée reste inerte ; associés, leur puissance est étonnante.

G. Bertrand a rencontré, à côté de la laccase, un autre ferment oxydant, la *Tyrosinase*, qu'il a isolée en 1896. La tyrosinase, comme son nom l'indique, est le ferment de la *tyrosine*.

La tyrosinase est très répandue dans le règne

végétal et dans le règne animal ; la tyrosinase, abondante chez les champignons, principalement chez les Russules, est plus rare chez les végétaux à chlorophylle ; on peut l'extraire de la racine de betterave, des tubercules de dahlia, de pommes de terre, etc.

La tyrosinase accompagne presque toujours la laccase ; à ce propos, permettez-moi d'insister de nouveau sur l'association des ferments dans une même glande, dans un même suc, si tant est que, cette association apparente ne soit pas une manifestation différente d'un même ferment, d'une même matière protéique différemment minéralisée.

On peut obtenir la tyrosinase sans laccase en traitant convenablement le suc des Russules. Nous avons vu que la laccase s'attaquait principalement aux corps qui avaient dans leurs noyaux soit un, soit deux oxhydryles, soit le groupement $Az H^2$; or, la tyrosine ne contient qu'un oxhydryle phénolique dans son noyau et il est placé en *meta*, condition des moins favorables pour être attaquée par la laccase ; elle contient le groupement $Az H^2$, mais dans sa chaîne latérale et non dans son noyau (Bertrand). De fait, la laccase n'oxyde pas la tyrosine. Il était permis, à *priori*, de penser que la laccase n'attaquerait pas la tyrosine puisque nous savons que chaque matière fermentescible réclame un ferment particulier.

On a constaté que certains ferments oxydants provenant des extraits organiques oxydaient indifféremment les corps de la série aromatique et de la série grasse (Spitzer). Je ne crois guère à cette unité d'action des ferments oxydants des sucs organiques ; tout ce que nous savons des ferments nous porte à penser que les ferments oxydants sont aussi nombreux que les termes d'oxydation : le ferment nitreux précède le ferment nitrique.

Les ferments oxydants détruisent la plupart des pigments végétaux.

Je ne sais pas si vous vous souvenez de ce que je vous disais dans une des dernières leçons ; je vous disais, incidemment, que le manganèse s'accumulait dans les feuilles des arbres, à l'automne. Pendant les derniers jours d'avril, aux premiers jours de mai, les feuilles des arbres, ou tout au moins d'un grand nombre d'entre eux, contiennent des traces seulement de manganèse ; de la mi-septembre à la mi-octobre, le manganèse monte graduellement, pour les feuilles du bouleau, par exemple, de 0 gramme à la fin d'avril, à 10 gr. 700 à la mi-octobre ; c'est le moment où les feuilles se décolorent ; les ferments oxydants décuplent leur puissance au contact du manganèse. Vous connaissez tous, les tons chauds, merveilleux de mélancolique harmonie, qui couvrent nos bois à l'automne. Le

professeur Gautier a étudié les acides organiques qui se forment dans les feuilles si artistement peintes de la vigne vierge, au début de l'automne, Ces tons divers de la feuille qui finit son évolution, derniers reflets d'un printemps qu'elle ne reverra plus, sont peints par le manganèse combiné à la matière protéique ; à mesure que le manganèse s'accumule dans les feuilles, la chlorophylle disparaît, par dégradations successives ; ainsi s'explique la décoloration des feuilles à l'automne.

HUITIÈME LEÇON

L'AZOTE EST TRIBUTAIRE DU MINÉRAL
LA NUTRITION DÉPEND DE LA MINÉRALISATION

Messieurs,

Nous avons vu, jusqu'à présent, la matière minérale compagne inséparable de la matière azotée ; nous avons vu que les ferments et les fermentations étaient l'œuvre de la matière minérale principalement. Nous commençons aujourd'hui l'étude de la nutrition, l'étude des rapports de la matière minérale et de la matière organique, de la matière organisée.

Existe-t-il une matière minérale et une matière organique ? Existe-t-il une matière organisée ? La matière organique, la matière organisée n'existent pas, à proprement parler ; la matière minérale seule existe, et, la matière organique, la matière organisée sont des groupements moléculaires divers de la matière minérale dont nous ne connaissons pas l'origine. Cependant, la matière organique et la matière organisée ne sont

pas indistinctement faites d'éléments minéraux pris au hasard dans le règne minéral. La matière organique et la matière organisée sont exclusivement composées de métaux ayant des caractères particuliers; l'une et l'autre sont formées d'éléments minéraux appelés *métalloïdes*. Les métalloïdes sont des métaux électro-négatifs, c'est-à-dire, qu'ils se portent au pôle positif de la pile pendant l'électrolyse ; les métalloïdes produisent des acides en se combinant avec l'oxygène. Les métaux proprement dits, au contraire, sont électro-positifs, produisent des bases, les oxydes métalliques, en se combinant avec l'oxygène.

La matière organique peut être composée de deux éléments métalloïdes : de carbone et d'hydrogène; de trois éléments métalloïdes : de carbone, d'hydrogène et d'oxygène; de quatre éléments métalloïdes : de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. De telle sorte que l'on peut diviser les corps dits *organiques*, en composés non azotés et en composés azotés. L'azote, corps gazeux doué d'une inertie remarquable, moins grande cependant que l'inertie de l'un de ses frères, l'argon, imprime aux substances dont il fait partie des propriétés spéciales.

Parmi les corps organiques azotés se rencontrent, en abondance, les substances albuminoïdes. Les

substances albuminoïdes sont composées de cinq ou de six éléments métalloïdes : de carbone, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène et de soufre ; de carbone, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène, de soufre et de phosphore. Trois de ces corps sont gazeux ; la mobilité de leurs atomes est considérable ; cette mobilité assure, comme le fait remarquer Herbert Spencer, les échanges de nutrition ; la complexité de la molécule produit de leur union autour d'un corps fixe, le carbone, assure la fixité de la matière organique.

L'azote entre dans la composition des albuminoïdes pour un peu plus de 15 p. 100 ; 15,70 p. 100, environ.

Comment l'azote, corps inerte, qui paraît privé de toute affinité pour le plus grand nombre des autres corps, à la température ordinaire, comment l'azote est-il entré dans la constitution des végétaux, des animaux, dans la constitution des albuminoïdes ? Quelles furent, quelles sont aujourd'hui les sources de l'azote vitalisé ?

Malgré son inertie, l'azote a ses penchants, ses affinités naturels ; certains corps l'attirent avec la même vivacité, avec plus de vivacité qu'ils n'attirent l'oxygène ; tels sont : le titane, le tantale, le tunsgtène, le lithium, le magnesium, le silicium, le bore ; quelques-uns de ces métaux se combinent

avec l'azote à des températures élevées ; d'autres, le lithium et le magnésium se combinent avec l'azote, à froid. L'azote est peu soluble dans l'eau qui n'en dissout que 0,016 de son volume, mais les métaux amis de l'azote sont rares aussi dans la nature; nous connaissons la puissance des corps en état d'hydrolyse; l'aptitude minérale du tabac, par exemple, pour le lithium, nous aurait permis de supposer, qu'en dehors de l'ammoniaque, les azotures métalliques ponrraient être une source d'azote pour certaines plantes; les expériences que nous poursuivons depuis deux ans semblent confirmer notre hypothèse, mais j'attendrai une saison encore avant de vous donner et les résultats et les détails de l'expérience, qui trouveront place et les uns et les autres au milieu de nos considérations sur la nutrition.

L'azote qui entre dans la constitution des animaux provient des végétaux; l'azote qui entre dans la constitution de l'homme provient et des animaux et des végétaux.

L'azote des végétaux a une double origine ; les végétaux puisent l'azote dans le sol et dans l'atmosphère. La manière dont les végétaux s'emparent de l'azote nous intéresse tout particulièrement ; un grand nombre des êtres vivants qui peuplent notre globe se nourrissent de végétaux ; ce sont les her-

bivores ; l'homme, les animaux carnassiers prennent l'azote aux herbivores qu'ils dévorent ; ils leurs prennent en même temps la matière minérale qui accompagne l'azote ; les minéraux transforment, condensent, fixent et conservent, chez l'homme et les carnassiers, l'azote des végétaux.

La démonstration des qualités nutritives de l'azote est de date relativement récente. Quelques observateurs du XVIIe et du dernier siècle, avaient constaté que le salpêtre était un excellent engrais. Après avoir établi, en 1837, que l'azote faisait partie intégrante des végétaux, Boussingault, plus tard Georges Ville, Heelriegel et Wilfarth, Fremy et Dehérain, démontrèrent à l'aide d'expériences précise, la bienfaisante influence des azotates dans l'alimentation des plantes. MM. André et Berthelot ont constaté la présence des nitrates chez tous les végétaux ; les nitrates servent de réserve pour la formation des substances organiques azotées.

Les plantes absorbent l'azote sous forme d'azotates, sous forme d'azotates, je vous prie de retenir cette particularité. Dans les sols qui ne nitrifient pas, la matière minérale prend l'azote aux amides de la matière humique. Les azotates du sol ont une multiple origine ; il naissent d'influences météoriques ; ils sont l'œuvre de certains microbes qui oxydent l'azote atmosphérique et l'azote orga-

nique, *en présence d'une base, je dis en présence d'une base;* l'azote nitrique est la source principale de l'azote soluble qu'utilisent les végétaux. Certains microbes fabriquent de l'acide azoteux qui est suroxydé par d'autres microbes qui fabriquent de l'acide azotique, produits au milieu desquels ils succomberaient promptement si les bases contenues dans la terre ne venaient pas neutraliser, à mesure de leur formation, les acides énergiques résultant d'une de leurs fonctions nutritives. Apparent contraste dont la nature est coutumière! L'activité bactérienne donne la vie comme elle donne la mort; la vie et la mort sont des contingences, des manières d'être de la matière, des applications différentes de la force, mais la matière, la force ne se détruisent point; la vie est partout et la mort n'est nulle part.

Par quel mécanisme les bactéries fixent-elles l'azote atmosphérique? Nous l'ignorons jusqu'à présent; nous savons seulement que la présence d'oxydes métalliques, de bases minérales, est indispensable à la fonction nitrique des bactéries; que les bactéries, que les microbes *nitrificateurs*, comme on les appelle, meurent en milieu organique.

Les microbes fixateurs d'azote, les microbes nitrificateurs sont-ils aujourd'hui ce qu'ils furent

aux époques de la flore primitive qui couvrît la terre d'une luxuriante végétation? Sont-ils l'une des premières étapes de la transformation des corps bruts en corps vivants? Pourrait-on invoquer leur existence actuelle en faveur de l'immutabilité des espèces, pour dire que la vie a été conçue de tout temps d'après un plan aux contours immuables dans lequel nous ne pourrons jamais découvrir la ligne qui nous conduira jusqu'à l'origine des choses, jusqu'aux secrets troublants de l'ontologie? Je l'ignore.

Les faits sont là, portant avec eux leurs conséquences : l'azote est nécessaire à la vie des plantes et des animaux, l'azote inerte de l'atmosphère est oxydé; il devient ainsi pour les miscroscopiques agents de l'oxydation un acide compromettant que les bases neutralisent, solubilisent; il est absorbé par les végétaux qui le soudent aux autres métalloïdes auxquels est dévolu le rôle de former la matière organique, de constituer la matière organique azotée, les substances albuminoïdes. Les animaux prennent, à leur tour, aux végétaux, l'azote que la matière minérale a rendu assimilable, sous forme de matière albuminoïde, l'incorporent, le font chair. L'homme prend l'azote sous forme d'albuminoïde et aux végétaux et aux animaux simultanément.

Le ferment oxydant de l'ammoniaque de Schœlesing et Müntz n'est également actif qu'en présence de carbonates alcalins. La vie, d'ailleurs, est généralement incompatible, même chez les végétaux, avec un degré trop élevé d'acidité.

Lorsqu'on eût démontré que l'azote était partie intégrante des végétaux, lorsqu'il fut établi que l'azote était indispensable à la nutrition des végétaux et conséquemment à la vie des animaux dont les végétaux sont l'exclusive nourriture, quand l'analyse fit découvrir l'azote parmi les composants de la matière protéique, on attribua à l'azote le principal rôle dans les phénomènes divers de la nutrition, et l'on crût que l'on pouvait déduire du poids de l'azote utilisé, la valeur de la nutrition individuelle. Grave était l'erreur. On oubliait que seul, isolé, l'azote est incapable; on ignorait que l'azote oyydé détruisait l'agent de l'oxydation lorsqu'il n'était pas secouru par une base neutralisante, c'est-à-dire, lorsque l'azote n'était pas convenablement minéralisé. En effet, la nature de la base neutralisante n'est pas indifférente, et la variété de la minéralisation de l'azote oxydé explique la différence de poids de l'azote utile d'un individu à un autre individu. Dès l'origine, l'azote destiné à être vitalisé est donc tributaire de la matière minérale; l'azotate de chaux ne peut

pas suppléer l'azotate de potasse, la chaux ne peut pas remplacer la potasse dans ses combinaisons avec l'acide azotique comme source d'azote, pour le végétal.

Je ne comprends pas très bien l'espèce d'antagonisme que l'on a cherché à trouver entre l'azote et le carbone : l'azote, clef de voûte, supportant tout l'édifice de la vie animale, et le carbone, clef de voûte supportant tout l'édifice de la vie végétale. L'analyse et l'expérience infirment cette manière de voir. Le carbone est plus abondant chez les animaux et chez les végétaux que l'azote; l'azote entre pour 15 p. 100 dans la constitution des albuminoïdes; le carbone entre pour 57 p. 100 dans la constitution de ces mêmes substances. Le carbone combiné à l'hydrogène et à l'oxygène est la source de la force dans la graine qui germe. Le carbone, point d'appui de la molécule organique, produit par son affinité avec l'oxygène, chez les animaux et chez l'homme, la force sans laquelle ils ne pourraient vivre. L'azote est dans le règne végétal et le règne animal, l'élément constitutif qui supporte et qui transmet la force.

Il existe une corrélation entre la minéralisation du végétal et la fonction chlorophyllienne ; entre les composés azotés des végétaux et leur minéralisation; entre l'oxydation du carbone dans les deux

règnes et la minéralisation ; entre les composés azotés chez les animaux et leur minéralisation.

Partout et toujours, la matière organique, acide de par son origine. de par sa nature, de par ses fonctions, aura besoin de bases minérales pour son entretien et sa reproduction, de sorte que l'on peut considérer les oxydes métalliques, les bases, comme constituant la véritable minéralisation des êtres vivants.

Chaque cellule vivante détient une somme d'aptitudes qui lui a été léguée dès sa formation. Or, placez deux cellules de même origine dans un milieu différent, sur un sol de nature différente; l'une va s'arrêter dans son évolution parce que le milieu, le terrain ne lui sont pas favorables; cependant, elle respire le même air, elle boit la même eau, elle est éclairée par la même lumière que l'autre, mais la minéralisation du sol est incompatible avec sa nature, avec ses aptitudes, et, avec cette minéralisation impropre, elle n'a pu fixer l'azote, soutien de la force ; elle n'a pas pu fixer le carbone, agent de la force; c'est là une observation banale pour le biologiste soucieux de rechercher les relations des causes et de leurs effets. Non seulement la mauvaise minéralisation a empêché notre cellule d'évoluer, mais encore, au contact de cette minéralisation défectueuse, notre

cellule a fabriqué des déchets qui sont devenus mortels pour elle. Pourquoi ? Parce que le sol trop alcalin a solubilisé un excès d'azote ; parce que le sol trop acide n'a pas pu solubiliser une quantité suffisante d'azote ; parce que les minéraux de choix étaient remplacés par d'autres minéraux ; parceque la minéralisation était trop riche ou trop pauvre ; parceque le protoplasme cellulaire était fait pour des groupements moléculaires symétriques et que c'étaient des groupements asymétriques qui le baignaient ; au contraire, parce que le protoplasma pouvait se laisser pénétrer par des systèmes asymétriques, tandis qu'il n'était point préparé pour des groupements symétriques ; parce que la minéralisation de l'une des cellules favorisait la photolyse, tandis que la minéralisation de l'autre l'atténuait où l'arrêtait ; parce que la chimiotaxie du sol était positive pour l'une, négative pour l'autre, etc.

Pour toutes ces raisons, et d'autres encore que je ne puis vous énumérer ici, deux tiges, deux grains de blé d'un même champ n'ont point une composition proportionnellement identique ; la paille, le grain d'un hectare de blé donneront une proportion moyenne d'éléments constitutifs, moyenne qui sera le résultat des différences de composition de chaque chaume, de chaque grain.

S'il en est ainsi, nous devrons envisager la minéralogie végétale non seulement au point de vue de la minéralisation des familles, des espèces, des genres, mais encore au point de vue de la minéralisation des individus. Il existe une dominante minérale pour chaque famille; il en est une aussi pour chaque espèce, pour chaque genre, pour chaque individu.

En dehors de la potasse, dominante minérale générale des plantes terrestres, il paraît certain que la silice, la chaux, la magnésie, sont les dominantes propres de la grande famille des graminées; mais quelle différence de minéralisation entre le seigle familier des bords de la mer Baltique et la minéralisation du bambou gigantesque de l'Inde.

	Jeunes bambous.	Jeunes seigles.
Phosphore . .	0 gr. 78 p. 1 000	1 gr. 25 p. 1000
Soufre	0 — 32 —	0 — 10 —
Chlore	1 — 20 —	0 — 74 —
Silicium. . . .	9 — 33 —	2 — 99 —
Potassium. . .	4 — 98 —	6 — 45 —
Sodium. . . .	0 — 48 —	0 — 086 —
Calcium. . . .	1 — 92 —	1 — 05 —
Magnésium . .	0 — 55 —	0 — 37 —

Quelle différence encore dans la minéralisation de deux variétés aussi voisines que possible d'une tribu des composées, la laitue pommée

(*Lactuca capitata*) et la laitue romaine (*Lactuca sativa*).

	Lactuca capitata.	Lactuca sativa.
Phosphore. . . .	0 gr. 31	0 gr. 48
Soufre	0 — 12	0 — 16
Chlore	0 — 41	0 — 40
Silicium.	0 — 62	0 — 14
Potassium. . . .	3 — 13	2 — 07
Sodium.	0 — 27	2 — 60
Calcium.	0 — 36	0 — 86
Magnésium . . .	0 — 21	0 — 245

Le silicium, le chlore, le soufre, le calcium dominent dans le bambou tandis que le phosphore et le potassium dominent dans le seigle.

Le silicium et le potassium dominent dans la laitue pommée tandis que le phosphore, le sodium et le calcium dominent dans la romaine.

Je pourrais citer également deux plantes très proches parentes, de la famille des papilionacées : le trèfle rouge et le trèfle blanc; toutes deux riches en magnésie, ces plantes fourragères n'ont point la même minéralisation.

En raison de la variabilité de la minéralisation, la quantité des cendres chez les végétaux n'a aucun rapport avec la quantité d'azote. L'avoine, par exemple, nous fournira 20 grammes d'azote p. 1000, avec 31 grammes de cendres p. 1000; le blé nous donnera 24 grammes d'azote p. 1000 avec

21 grammes de cendres p. 1000. La minéralisation de l'avoine et du blé est faite des mêmes éléments, mais en des proportions différentes, et il est impossible d'établir une relation quelconque entre l'un quelconque des éléments minéraux et l'azote. La substance azotée est le produit de la réaction des minéraux entre eux selon l'aptitude individuelle de chaque végétal ; il en est de même, du reste, de la matière organique ; c'est-à-dire, que chaque végétal a une nutrition normale, propre, pour l'accomplissement de laquelle il a besoin d'une quantité déterminée de matière minérale biodynamique, appropriée, toujours la même dans sa nature pour chaque individu, toujours variable de poids, matière minérale qui ne saurait, en aucun cas, subir de substitution, car, d'une manière générale, il n'y a point d'isomorphisme en physiologie.

Il y a donc, chez les végétaux, une nutrition minérale particulière à leur nature avec une dominante générale et des sous-dominantes spéciales et individuelles. La qualité de la nutrition, chez le végétal, dépend de la qualité et de la quotité de l'alimentation minérale qui est sous l'influence inévitable des causes ambiantes, le végétal ne pouvant pas se déplacer.

Sans entrer à fond dans la nutrition des plantes j'ai voulu vous faire comprendre que chez les végé-

taux la nutrition était établie sur la minéralisation, d'après des lois de physique générale auxquelles tous les végétaux sont soumis; que, de plus, chaque individu de ce grand règne végétal dirigeait sa nutrition selon ses aptitudes.

L'avenir d'un peuple pourrait être lié à ces simples constatations, car le choix des semences, la science apportée à l'alimentation minérale des plantes nourricières ou propres à l'industrie, entraînent avec eux la fortune d'un pays.

A la différence des végétaux, les animaux doués de la vie de relation, choisissent, dans une certaine mesure, leur genre d'alimentation. L'homme, le plus parfait des êtres créés, sinon le plus résistant, doit pouvoir, dans nos sociétés civilisées, se nourrir à sa guise et selon ses besoins.

Entre la nutrition du végétal et la nutrition de l'animal, la transition ne sera pas aussi brutale que vous auriez pu le supposer. Le végétal respire comme l'animal en absorbant de l'oxygène et en dégageant de l'acide carbonique. Si le végétal est un instrument puissant de synthèse et l'animal un instrument puissant d'analyse, la nutrition du végétal n'est pas exempte d'analyse, pas plus que la nutrition de l'animal n'est exempte de synthèse, et, en outre, à la base de la nutrition de l'animal, comme à la base de la nutrition du végétal se trouve le minéral.

Quand on embrasse d'un coup d'œil d'ensemble les divers états des choses dans la nature, l'esprit saisit facilement cette migration du minéral depuis son état brut jusqu'à l'homme.

Le végétal réduit les corps bruts, les vitalise, si l'on peut s'exprimer ainsi; l'animal se nourrit du végétal minéralisé et l'homme prend à l'animal le minéral que l'animal a pris au végétal; l'homme ajoute à sa nourriture la minéralisation du végétal et de quelques corps bruts eux-mêmes qu'il consomme directement.

Il ne peut se former ni chez le végétal, ni chez l'animal, de substance vivante, a dit Liebig, sans l'intervention de la matière minérale. L'azote, expression de la matière vivante, est tributaire du minéral.

A poids égal, les plantes abandonnent beaucoup plus de cendres que les animaux. Rappelons-nous que les plantes réduisent les corps bruts, qu'elles soudent les éléments électro-négatifs dont se compose la matière organique qu'elles emmagasinent, tandis que les animaux, l'homme, les utilisent en les dissociant.

Les plantes ont besoin d'une minéralisation plus abondante que les animaux en rapport avec l'intensité du travail produit, de la résistance des substances qu'elles doivent accoler, puis neutrali-

ser, dans une certaine mesure, pour les retenir. Nous trouverons un nouveau phénomène commun, aux plantes et aux animaux, dans la masse énorme de matière minérale nécessairement mise à leur disposition, en comparaison de la minime quantité qu'ils en emploient; c'est que les acides se produisent abondants au commencement de la nutrition dans les deux règnes; c'est que la question de masse n'est point indifférente aux réactions chimiques, réactions chimiques auxquelles peuvent se ramener, en définitive, tous les actes de la nutrition.

Nous venons de voir qu'il n'y avait aucune relation entre la quantité de cendres que laissent les végétaux et la quantité d'azote, mettons de matière albuminoïde qu'ils fabriquent, car nous pouvons ne pas tenir compte, à cause de leur rareté, des autres substances azotées, produits cellulaires de la nutrition des plantes; nous avons constaté, également, qu'aucun des éléments minéralisateurs des plantes n'était en rapport avec la quantité d'azote emmagasiné.

Chez l'homme et chez le cheval nous avons vainement cherché le rapport qui pourrait exister entre les divers éléments minéraux et l'azote utilisé. Il nous a paru simplement que la minéralisation du cheval, plus riche en potasse que la minéralisation de l'homme, donnait un peu plus d'urée;

par ce côté encore, la minéralisation de la plante et de l'animal produirait une action commune sur l'azote, que la plante emploie la minéralisation à fabriquer des albuminoïdes ou que l'animal emploie la minéralisation à rompre les affinités des corps qui constituent ces mêmes albuminoïdes; pour être inverse, sur bien des points, l'action de la matière minérale dans la nutrition du règne végétal et du règne animal n'en serait pas moins égale.

Rapports de la matière minérale à l'azote.

Cerveau	102,91
Rate	49,83
Pancréas	49,76
Poumons	46,00
Foie	44,65
Cœur	42,40
Muscles	34,53

Ce n'est point sans intention que j'ai placé les rapports de la matière minérale et de l'azote dans l'ordre ci-dessus. Comme une glande, le cerveau est l'organe qui travaille le plus avec sa propre substance; il est aussi le plus minéralisé. Le muscle, au contraire, est l'instrument, selon la remarque de J. Mayer, qui métamorphose la force, mais il n'engendre pas la force, aussi est-il relativement peu minéralisé.

Le rapport de la matière minérale à l'azote, varie

dans chaque organe; vous allez voir que le rapport de la matière minérale à l'azote varie chez les individus d'une même espèce animale.

Muscles de cheval.

	I	II
Cendres. . .	0 gr. 925 p. 100	0 gr. 834 p. 100
Azote. . . .	1 — 921 —	2 — 945 —

Muscles de mulet.

	I	II
Cendres. . .	0 gr. 885 p. 100	1 gr. 08 p. 100
Azote	1 — 50 —	0 — 547 —

Pour le cheval n° 1, le rapport de la matière minérale à l'azote est de 48.14 p. 100; pour le cheval n° 2, le même rapport est de 28.31 p. 100. Pour le mulet n° 1, le rapport de la matière minérale à l'azote est de 59 p. 100 et pour le mulet n° 2 le même rapport est de 9.44 p. 100.

Si, maintenant, nous établissions le rapport de chacun des éléments constitutifs des cendres et de l'azote, nous ne trouverions aucun rapport constant entre l'un quelconque des éléments minéraux et l'azote.

Voici, par exemple, le rapport entre l'azote moyen et l'acide phosphorique moyen du cheval et du mulet :

P. 100	Cheval.	Mulet.
Acide phosphorique . . .	0 gr. 03231	0 gr. 0235
Azote.	2 — 433	1 — 1052
Rapport.	1 — 32	2 — 31

La contradiction que l'analyse semble révéler entre la nécessité, démontrée par l'expérience, de la matière minérale pour la vie des végétaux et des animaux et l'absence des rapports constants entre les cendres et la matière azotée, l'un des éléments les plus importants de la constitution des végétaux et des animaux, disparait devant la personnalité, je veux dire devant les aptitudes biochimiques individuelles, devant l'inconstance du terrain, du sol, car le sol idéal, toujours et partout pareil à lui-même n'existe pas, l'analyse nous le prouve, tant en ce qui touche les produits du sol que sa propre nature.

Quoiqu'il en soit, c'est par les minéraux, par les métaux, que les métalloïdes, facteurs de matières organiques, entrent dans la vie, l'azote, notamment, pour la plus grande part, sous la forme d'azotates dont l'absorption plus ou moins active, modifiée par mille causes diverses, fournit plus ou moins d'azote au végétal. C'est encore par les métaux que la substance azotée, les albuminoïdes végétales sont dissoutes, rendues assimilables, isomérisées, fixées et ensuite dissociées chez les animaux.

L'étude de la nutrition doit donc commencer par l'étude des minéraux bio-chimiques, éléments nutritifs primordiaux, en dehors desquels tous les autres éléments de la nutrition sont impuissants.

NEUVIÈME LEÇON

STATIQUE DE L'EAU

Messieurs,

Corpora non agunt nisi soluta, telle est la raison qui me fait placer ici la *statique* du plus précieux des dissolvants, la statique de l'eau.

Tous les organismes vivent dans l'eau, et même dans l'eau courante, selon la pittoresque expression de Hoppe-Seyler.

L'eau est le plus puissant des dissolvants ; par ses qualités, l'eau est le premier des éléments de la nutrition; l'eau est l'*Ève* toujours féconde qui donne à la terre la nombreuse variété de ses produits.

Le corps humain contient, en moyenne, 650 grammes d'eau par kilogramme de poids vif. Le poids de l'eau varie dans les différents organes.

Les muscles contiennent, en moyenne, 760 gr. d'eau p. 1000; or, les muscles d'un homme du poids de 68 kilogrammes pèsent, environ, 25 kilogrammes ; la totalité de l'eau pour le corps humain

d'un poids de 68 kilogrammes étant de 44 kilogrammes 200 grammes, l'eau des muscles représente la moitié de la totalité de l'eau du corps de l'homme.

Pendant l'inanition, l'homme, l'animal, perdent 66 p. 100 de leur eau.

Les jeunes pousses des plantes, le corps des enfants et des jeunes animaux sont plus riches en eau que le corps des adultes.

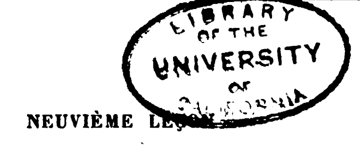
Le sang contient, en moyenne, 79 p. 100 d'eau ; la lymphe en contient 96 p. 100.

La grande quantité d'eau qui se trouve dans le corps indique suffisamment le rôle prépondérant qu'elle joue dans les phénomènes de la nutrition.

Dès que l'eau du sang tombe de 3 p. 100 au-dessous de la normale, soit par inanition, soit par maladie, les reins ne peuvent plus éliminer les déchets cellulaires insolubles et la mort survient par auto-intoxication sous forme de syncope respiratoire et cardiaque.

Quand le sang perd 3 p. 100 d'eau, les muscles en perdent le double ; le tissu musculaire n'étant plus suffisamment irrigué, surviennent les crampes qui sont si douloureuses.

Lorsque le corps humain se trouve imbibé par une quantité d'eau supérieure à la constante normale, les reins, la peau, selon les situations, élimi-



nent une plus grande quantité d'eau. De ce fait, la désassimilation peut augmenter et l'urée, l'azote peuvent être entraînés en plus grande quantité.

En tout temps, l'eau transporte hors de l'organisme, les déchets organiques et inorganiques dissouts.

L'évaporation de l'eau à la surface du poumon et de la peau absorbe 20 p. 100, environ, de la chaleur totale produite par les différentes réactions chimiques de la nutrition.

Enfin, l'eau est, au point de vue spécial qui nous occupe, l'agent le plus actif de la dissociation des différents sels, des albuminates, des albumino-sels, favorisant, ainsi, les actions chimiques au sein des protoplasmes.

Les solutions salines de l'organisme sont les conducteurs par excellence des courants électriques qui se développent dans l'organisme; elles sont la source même de ces courants électriques par capillarité, courants capables de souder entre eux les métalloïdes, les métaux.

Le noyau de la cellule est positif; le plasma cellulaire est négatif; ce qui revient à dire que les métalloïdes dominent dans le noyau et les métaux dans le plasma cellulaire. Pour obtenir les moyennes de la statique de l'eau nous avons con-

sidéré l'homme et l'animal daus les cinq états suivants :

Repos ;

Mouvement léger ;

Mouvement accentué ;

Travail léger ;

Travail accentué.

En passant du repos au travail accentué, un cheval du poids de 452 kilogrammes 700 grammes, absorbe, en moyenne, chaque jour, 17.283 c^3 d'eau ; 16.555 c^3 en boisson, 1.128 c^3 dans la nourriture, soit 2.492 c^3 par la boisson, et 35.7 c^3 par les aliments, par kilogramme de poids vif et par jour.

Le rapport de l'eau alimentaire à l'eau bue est de 6,98 p. 100. Mais, du repos au travail accentué, l'eau alimentaire restant à peu près constante, la quantité d'eau prise en boisson peut s'élever de 15,342 c^3 à 17,765 c^3 et atteindre même plus de 30,000 c^3, c'est-à-dire que pour un cheval d'un poids donné, la quantité d'eau prise en boisson qui serait 1 au repos peut dépasser 2 pendant le travail.

Plusieurs causes agissent à la fois pour augmenter ou diminuer la quantité d'eau que consomment l'homme et les animaux. Parmi ces causes, les unes sont d'ordre privé, pour ainsi dire, elles appartiennent en propre à l'individu ; nous les examinerons tout à l'heure ; les autres agissent également

sur tous les individus, dans les mêmes conditions ; telles sont : le repos, le mouvement, le travail, la température, la pression atmosphérique, l'état hygrométrique et la tension électrique de l'atmosphère. Chaque individu répond d'une manière particulière à ces diverses excitations.

L'eau se rencontre dans l'organisme sous deux états différents : eau d'*imbibition ;* elle baigne et imbibe les tissus; eau de *constitution ;* elle fait partie intégrante de la molécule organique et des sels dissouts.

Un cheval du poids de 452 kilogrammes 700 gr. élimine, au repos, 20 gr. 02 centigrammes d'eau par les reins, par kilogramme de poids vif ; le même cheval élimine 12 gr. 12 centigrammes d'eau par l'intestin et par kilogramme de poids vif ; en même temps, le même cheval rejette par la surface pulmonaire et cutanée, 6 gr. 01 centigramme d'eau par kilogramme de poids vif, chaque jonr. En rapprochant ces nombres, qui représentent l'eau éliminée, des nombres qui expriment la quantité d'eau absorbée, nous arrivons, d'une manière aussi approximative que possible, à établir le bilan de l'entrée et de la sortie en ce qui concerne l'eau, à établir la statique de l'eau.

On appelle statique de l'eau, de l'azote, de la

matière minérale, etc., l'état des rapports qui existent entre la quantité d'eau, de substance azotée, de matière minérale ingérées et excrétées.

Le rapport de l'eau éliminée par l'intestin à l'eau éliminée par les reins, est, pour le cheval au repos, de 60,53 p. 100 ; le rapport de l'eau éliminée par la peau et le poumon, est, à l'eau totale éliminée, de 15,74 p. 100.

Voilà le cas le plus simple : nous trouvons, à la sortie, l'eau que nous avions dosée à l'entrée.

Vous allez voir que le cas le plus simple est encore fort compliqué. En effet, l'eau réjetée par les émonctoires naturels du cheval, n'est plus l'eau que nous avions dosée en boisson, dans les aliments ; les sources qui alimentent les reins, les intestins, les poumons et la peau sont diverses. Que l'animal, que l'homme travaillent, qu'ils soient au repos, qu'ils mangent, qu'ils boivent, qu'ils ne mangent pas, qu'ils ne boivent pas, 16 p. 100 de l'eau qu'ils éliminent proviennent de l'oxydation de l'hydrogène, hydrogène mis en liberté par la destruction des graisses, par la destruction de la matière protéïque.

Ainsi, pour notre cheval du poids de 452 kg. 700, éliminant par kilogramme de poids vif, 20 gr. 02 d'eau par les reins; 12 gr. 12 par l'intestin et 6 gr. 01 par le poumon et la peau, soit 38 gr. 15

dont le 16 p. 100 nous fournira 3 kg. 373 d'eau pour le poids total du cheval, sur la totalité de l'eau éliminée, c'est-à-dire 474 gr. 816 d'hydrogène, soit 5. 301 litres d'hydrogène, (un litre d'hydrogène pesant 0 gr. 8957 dixièmes de milligramme), hydrogène qui pourrait nous permettre de calculer et le poids des graisses et le poids de la matière azotée détruits pour la nutrition.

Ces calculs ne sont pas purement spéculatifs; une conséquence pratique en découle immédiatement : le besoin en eau de l'organisme ne peut pas être strictement déduit de la quantité d'eau éliminée ; pour notre cheval, la quantité d'eau strictement nécessaire serait non point de 17.283 centimètres cubes, mais de 17.283 centimètres cubes, moins 3.374 centimètres cubes, soit 13.909 centimètres cubes.

Un excès d'eau est donc nécessaire à l'organisme et pour solubiliser les substances variées qu'il utilise et pour maintenir constante la densité du sang ; nous avons vu que le sang ne pouvait supporter qu'une faible déshydratation.

Quand on introduit un excès d'eau dans l'organisme, la densité du sang diminue, mais l'imbibition des organes augmente fort peu, les reins éliminant rapidement la surcharge d'eau ; il n'en est plus de même lorsque l'organisme manque d'eau ;

en ce cas, les tissus fournissent leur eau et s'appauvrissent en eau comme le sang lui-même.

Ainsi, en dehors de l'eau fournie par l'oxydation de l'hydrogène, oxydation dont nous étudierons dans la suite le mécanisme, l'eau éliminée peut encore provenir de l'eau d'imbibition des tissus ; la chair musculaire contient 76 p. 100 d'eau ; le tissu graisseux en contient 10 p. 100 ; la destruction de 100 grammes de muscles et de 100 grammes de graisses dégageront donc 86 grammes d'eau. Il résulte de cette constatation de la teneur en eau du tissu musculaire et du tissu graisseux, que plus un animal ou un homme sont gras, moins ils comportent d'eau, que plus un individu est maigre, plus il est riche en eau d'imbibition.

L'état psychique peut avoir une influence considérable sur l'élimination de l'eau provenant des tissus. Un cheval est effrayé le 22 janvier par un bruit intense qui se produit près de sa stalle ; il refuse le boire et le manger pendant vingt-quatre heures ; il perd, pendant ces vingt-quatre heures, 13 kilogrammes de son poids ; il élimine, par l'intestin et par la peau principalement, 8 kg. 740 grammes d'eau de plus qu'il n'en consomme.

Les 15, 16 et 17 mars, le même phénomène se reproduit occasionné par les mêmes causes ; voilà un des cas d'élimination de l'eau, d'ordre privé,

auxquels je faisais allusion tout à l'heure, dans le courant de cette leçon. De l'exemple fort simple dans lequel, tout compte fait, l'entrée et la sortie de l'eau équivalent très sensiblement, alors que le poids de l'animal reste constant, passons à un autre exemple plus complexe. Trois cas peuvent se présenter : 1° l'animal, l'homme augmente de poids et la quantité d'eau éliminée est égale à la quantité d'eau absorbée ; 2° il diminue de poids et la quantité d'eau éliminée est supérieure à la quantité d'eau absorbée; 3° il augmente de poids et la quantité d'eau éliminée est inférieure à la quantité d'eau absorbée.

Le poids vif de l'animal ,de l'homme peut varier par accumulation de matière azotée, de chair musculaire ; nous savons que la chair musculaire contient 76 p. 100 d'eau; le poids vif peut varier par accumulation d'eau dans les tissus en dehors de l'azote.

Lorsqu'un animal augmente de poids et que l'eau éliminée reste égale à l'eau absorbée, cet animal fait de la chair, il accumule de l'azote et l'eau employée à la constitution de la chair est compensée par l'oxydation de l'hydrogène provenant des hydrocarbones. Le contrôle est facile à établir en faisant la statique de l'azote.

Un animal diminue de poids pendant qu'il perd

une quantité d'eau plus grande que la quantité d'eau consommée, ce qui est arrivé pour le cheval effrayé dont je vous ai parlé. C'est bien réellement la perte d'eau qui a fait tomber le poids de l'animal de 436 à 423 kilogrammes du 21 au 22 janvier, soit 13 kilogrammes de perte. L'excès de l'eau rendue sur l'eau ingérée est de 8 kg. 740,2; 13.000 — 8.740,2 = 4.259,8.

Nous pouvons affirmer que les deux tiers du poids perdu étaient représentés par de l'eau provenant du sang, des tissus, d'autant mieux que les produits de l'usure musculaire n'étaient pas augmentés dans les *excreta*.

Du 22 au 31 janvier, le cheval remis de sa frayeur augmente rapidement de poids et pèse 434 kg. 500 le 31 janvier.

Le 28 janvier le cheval rend 55.67 p. 100; le 29, 55.78 p. 100; le 30, 60, 44 p. 100 et le 31 janvier 96. 10 p. 100 de l'eau ingérée. Le 28 janvier le cheval pèse 431 kg. 500; la relation entre l'augmentation de poids du cheval et la quantité d'eau retenue par son organisme ne paraît pas douteuse; cependant, en même temps que l'eau, le cheval fixe 4 g., 28 d'azote par jour; or, chaque gramme d'azote fixé équivaut à 29 grammes de poids vif; soit 4.28 × 4 × 29 = 469 gr. 48 qui seraient le gain du cheval en poids vif par la fixation exclusive

des matières azotées ; mais le cheval a gagné en quatre jours 3.000 grammes, c'est donc une augmentation de poids de 3000 grammes — 496 gr. 48, soit 2 kg. 503 gr. 52 que l'eau a bien réellement apportés au cheval.

Dàns les cas un peu compliqués il est impossible de faire la statique de l'eau sans faire la statique de l'azote et mieux encore, si faire se peut, la statique du carbone.

L'homme, au repos, absorbe chaque jour, en moyenne, 32 c^3, 45 d'eau par kilogramme de poids vif.

L'eau absorbée se répartit en eau de boisson proprement dite et en eau alimentaire. L'eau de la boisson peut être évaluée à 22 c^3, 16 et l'eau alimentaire à 10 c^3, 29 par kilogramme de poids vif.

L'homme, au repos, élimine l'eau absorbée de la manière suivante : les reins éliminent 17 c^3, 57 ; l'intestin élimine 3 c^3, 27 ; le poumon élimine 8 centimètres cubes et la peau élimine 3 c^3, 51, chaque jour, par kilogramme de poids vif.

La quantité d'acide carbonique que contient l'air expiré ne correspond pas à la quantité d'oxygène absorbé par l'inspiration ; l'oxygène retenu sert à oxyder l'hydrogène des hydracarbones et conséquemment à former de l'eau ; les oxydases, les ferments oxydants sont les agents de ces sortes d'oxy-

dations ; les dédoublements chimiques au sein de l'organisme produisent également une petite partie de l'eau éliminée. L'acide hippurique, par exemple, que l'on rencontre en abondance dans les urines des herbivores et en quantité notable dans l'urine humaine, est le résultat de l'union de l'acide benzoïque et du glycocolle, acide benzoïque et glycocolle provenant en majeure partie de l'oxydation des albuminoïdes, l'acide hippurique est, dis-je, le résultat de l'union de l'acide benzoïque et du glycocolle avec élimination d'eau.

L'eau éliminée n'est donc pas entièrement fournie, comme nous l'avons déjà vu, par l'eau absorbée.

Nous pouvons admettre avec C. Voit que 16 p. 100 de l'eau éliminée provient des deux sources que nous venons d'indiquer : l'oxydation de l'hydrogène des hydrocarbones et les dédoublements chimiques.

Cela nous permet de calculer très approximativement la quantité d'eau *minimum* indispensable à l'alimentation de l'homme au repos : $32.45 \times 0{,}16 = 5.192$. — $32,45 - 5.192 = 27$ c^3, 258 ; c'est donc 27 c^3, 258 d'eau seulement qui serait nécessaire à l'homme, au repos, par kilogramme de poids vif.

L'homme, au travail accentué, absorbe 47 c^3, 76

d'eau par kilogramme de poids vif. L'eau prise en boisson sera de 32 c^3, 92 et l'eau alimentaire donnera la différence, soit 14 c^3, 84.

Les reins élimineront 16 c^3,90 d'eau ; la peau en éliminera 16 c^3, 91 ; le poumon 10 c^3 et l'intestin 3 c^3, 28, par kilogramme de poids vif.

Si nous appliquons à l'élimination de l'eau, par l'homme au travail, les calculs que nous venons d'appliquer à l'élimination de l'eau pendant le repos, nous constatons que 40 c^3, 118 d'eau sont strictement suffisants pour réparer les pertes en eau de l'organisme dans la situation du travail accentué ; 47 c^3 76 $\times$ 68 $=$ 3. 247 c^3. — 40 c^3 118 $\times$ 68 $=$ 2. 728 c^3 et 3. 247 c^3 — 519 $=$ 2. 728 c^3, quantité d'eau suffisante pour couvrir les dépenses en eau de boisson nécessaire pendant le travail accentué, chez un homme du poids moyen de 68 kilogrammes.

Un fait d'observation générale et sur lequel nous aurons l'occasion de revenir fréquemment, paraît indiquer que l'activité vitale des organes, et, en somme, les organes ne sont pas autre chose que des individus dans des individus, paraît indiquer que l'activité vitale des organes est en rapport avec la proportion d'eau que contiennent leurs tissus. Si nous considérons la proportion d'eau absorbée et éliminée par le cheval et par l'homme nous voyons que

le cheval, masse puissante de vie asservie par l'homme, use beaucoup plus d'eau que l'homme ; le cheval use plus de 16 p. 100 d'eau que l'homme. L'on peut dire des individus, à l'état normal, ce que l'on dit des organes : leur activité est en rapport avec la quantité d'eau qu'ils utilisent. Tout s'enchaîne tout se tient dans les œuvres de la nature. Est-ce que l'on ne sait pas depuis longtemps que la transpiration des jeunes feuilles est plus active que la transpiration des feuilles plus âgées ? N'avons-nous pas vu, dans la première leçon par laquelle j'ai eu l'honneur d'inaugurer ce cours, que le cerveau était l'un des organes qui contenait la plus grande quantité d'eau ? N'avons-nous pas vu, comme conséquence, dans la dernière leçon, que le rapport de la matière minérale à la matière azotée était, dans le cerveau, plus élevé que dans la plupart des autres organes ? Qui oserait soutenir que le cerveau n'est point l'un des organes qui consciemment ou inconsciemment travaillent le plus ?

L'eau nous intéresse particulièrement comme dissolvant de la matière minérale.

L'eau peut nous servir, dans les circonstances ordinaires, à mesurer le coefficient de vitalité individuelle, c'est-à-dire le coefficient de minéralisation. Le nouveau-né, par exemple, contient 12 p. 100 d'eau de plus que l'adulte. En changeant de milieu,

le nouveau-né perdra de son eau d'imbibition pour la reprendre en partie et la reperdre à mesure qu'il se rapprochera de l'état adulte, à mesure que baissera son coefficient de vitalité.

Si la statique de l'eau peut effectivement nous renseigner sur le degré de l'activité nutritive de l'être, nous devons trouver dans les déchets de la nutrition les marques de cette activité en rapport et avec l'eau consommée et avec l'eau éliminée, toutes proportions de poids, d'état et d'âge considérées dans leurs relations entre elles.

	CHEVAL N° 1	CHEVAL N° 2	CHEVAL N° 3
Poids.	459 kg. 2	474 kg. 1	452 kg. 3
Eau totale absorbée.	9 711 c³	24 113 c³	12 264 c³
Eau de l'urine . .	4 856 c³ 1	13 265 c³ 6	5 048 c³ 6
Extrait sec urinaire.	172 gr. 2	204 gr. 7	194 gr. 9

L'urine du cheval n° 1 fournit 0 gr. 37 d'extrait sec par kilogramme de poids vif ; l'urine du cheval n° 2 fournit 0 gr. 431 d'extrait sec par kilogramme de poids vif ; l'urine du cheval n° 3 fournit 0 gr. 430 d'extrait sec par kilogramme de poids vif.

Le rapport de l'eau de l'urine à l'eau totale absorbée est de 50 p. 100 pour le cheval n° 1, de

55 p. 100 pour le cheval n° 2 et de 41 p. 100 pour le cheval n° 3.

Le cheval qui a absorbé et éliminé la plus grande quantité d'eau est aussi celui qui a éliminé la plus grande somme d'extrait sec urinaire, de déchets, sur la qualité desquels nous n'avons pas à discuter en ce moment; la quantité de ces déchets indique une activité de nutrition en rapport avec la quantité d'eau absorbée et éliminée; nous n'avons pas à préjuger ici de la qualité de la nutrition.

Vous avez remarqué, sans doute, que l'élimination de l'eau ne se faisait point dans les mêmes conditions chez le cheval et chez l'homme; en effet, le cheval élimine par l'intestin 60. 53 p. 100 de l'eau bue, tandis que l'homme élimine seulement par l'intestin, 18. 61 p. 100 de l'eau bue, par rapport à l'eau éliminée par les reins; ce qui prouve que, l'eau étant le meilleur des dissolvants, la nutrition procède autrement chez le cheval que chez l'homme[1].

[1] Nous avons puisé les éléments de cette leçon, en ce qui concerne le cheval, aux *Etudes expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait* de L. Grandeau et A. Leclerc.

DIXIÈME LEÇON

LES MINÉRAUX ALIMENTAIRES. — LES ALIMENTS MINÉRAUX

Messieurs,

Je me suis efforcé, jusqu'à présent, de vous faire comprendre que le minéral était indispensable à la vie des êtres ; que le minéral était pour tous les êtres vivants le premier des aliments ; que le minéral était l'origine de toute vie. J'ai appuyé mes démonstrations sur la géologie, sur la physiologie expérimentale, végétale et animale, sur les lois physiques et chimiques qui régissent les différents états de la matière.

Afin que vous ne soyez pas trop surpris encore par le titre audacieux de cette leçon : *les minéraux alimentaires, les aliments minéraux*, je dois vous dire ce que l'on entend par le mot *aliment*.

Je vous ferai remarquer tout d'abord que je n'ai pas dit : *aliments minéraux*, mais bien *minéraux alimentaires ;* il y a une nuance entre les deux expressions.

L'expression *minéraux alimentaires* indique les corps tirés du règne minéral pris isolément et qui peuvent servir à l'alimentation ; le chlorure de sodium, par exemple. L'expression *aliments minéraux* indique les minéraux qui servent à l'alimentation et tels qu'ils se trouvent dans la nature et tels que nous les consommons bien réellement, c'est-à-dire, sous forme de combinaisons multiples.

Nous serons obligés de disséquer, pour ainsi parler, les *aliments minéraux* pour mieux étudier les *minéraux alimentaires*, mais notre but final est d'étudier les *aliments minéraux*.

Le mot *aliment*, *alimentum*, de *alere*, nourrir, est de date relativement récente; son origine fait que souvent on confond le mot *aliment* et *nourriture* dans la définition que l'on donne du mot *aliment*. Cependant, *aliment* et *nourriture* sont deux termes différents ayant une signification différente. La *nourriture* est le résultat de l'*aliment*. De sorte que l'on peut définir l'*aliment*, *toute substance offerte à l'organisme pour le nourrir ;* c'est-à-dire, pour le faire croître jusqu'à son complet développement, pour réparer ses pertes, pour le reconstituer sans cesse.

Le nombre des aliments minéraux est relativement restreint; il est plus grand, toutefois, que le nombre des aliments organiques. Les aliments organiques sont au nombre de deux pour les ani-

maux et pour l'homme : les hydrocarbones et les albuminoïdes.

J'ai appelé *biodynamiques* les métaux qui engendrent les forces vitales, pour les distinguer des métaux incompatibles avec la vie ou *abiodynamiques*.

C'est parmi les métaux biodynamiques que nous trouverons, naturellement, les minéraux alimentaires, les aliments minéraux.

La réunion des minéraux alimentaires autour du végétal constitue le *sol végétal* au sein duquel le végétal plonge ses racines et leurs divisions.

La réunion des minéraux alimentaires dans les voies digestives de l'animal constitue le *sol animal* au sein duquel l'animal plonge ses *racines internes* selon la pittoresque expression de Boheraave ; le sol végétal est extérieur à l'individu ; le sol animal est intérieur à l'individu. Le sol végétal doit supporter toutes les influences météoriques de notre atmosphère ; le sol animal peut se soustraire, dans une large mesure, aux influences bienfaisantes ou perturbatrices de l'atmosphère.

Puis, envisageant, non plus l'aliment, mais la nourriture, j'ai appelé *sol végétal* et *sol animal* la réunion de tous les éléments minéraux qui sont normalement utilisés par la nutrition des plantes et des animaux ; ici, c'est la terre animée ; là, la terre inanimée attendant l'occasion de mani-

fester la puissance de vie qu'elle détient en elle.

Nous pouvons amender le sol végétal et le sol animal, la nourriture du végétal et de l'animal, en modifiant la qualité et la quantité des aliments minéraux.

Deux métaux dominent la minéralisation des êtres animés : le potassium et le sodium. Le potassium domine la minéralisation du règne végétal; le potassium et le sodium dominent la minéralisation du règne animal. Le potassium et le sodium dominent la minéralisation des herbivores; le sodium domine la minéralisation de l'espèce hu-humaine; je parle toujours des minéraux normalement utilisés par la nutrition.

Quoique les animaux se nourrissent soit directement, soit indirectement des végétaux, la qualité de la minéralisation animale diffère sensiblement de la qualité de la minéralisation végétale. Le protoplasme animal choisit ses minéraux alimentaires selon ses aptitudes, selon les qualités physiques et chimiques de la minéralisation du sol, en rapport avec la disposition du protoplasme.

Nous avons vu, dans l'une des leçons précédentes, comment était composée la substance organique azotée, la substance albuminoïde; nous allons raisonner comme si la matière vivante avait existé de tous les temps, comme si le germe de la vie qui

est capable de dissimuler pendant des siècles son potentiel de vitalité avait été et était toujours en voie de germination, de développement et de fructification; en un mot, nous ferons abstraction, dans l'énumération des métaux qui servent d'aliments à la matière vivante, de ceux qui la constituent; nous considérerons la matière vivante comme une entité.

Les minéraux alimentaires de l'homme sont les suivants :

Le sodium;
Le potassium;
Le calcium ;
Le magnésium;
Le fer;
Le manganèse;
Le chlore;
L'iode;
Le soufre ;
Le phosphore.

Le soufre et le phosphore font, tout à la fois partie de la molécule albuminoïde et de l'alimentation minérale de l'homme sous forme de sulfates et de phosphates. L'hydrogène et l'oxygène font également partie de la molécule organique albuminoïde et de l'alimentation minérale de l'homme sous forme d'eau.

Pour l'homme, le sodium est le premier des

minéraux alimentaires. Le sodium et les autres minéraux alimentaires, pas plus que le sodium, ne pénètrent les racines à l'état de corps simples, mais à l'état de combinaison, à l'état de sels. Néanmoins, nous avons calculé à l'état d'éléments, le poids des différents minéraux alimentaires indispensables à l'homme. Nous avons rapporté au kilogramme de poids vif, la quantité de chaque minéral alimentaire nécessaire à l'homme pour une révolution de vingt-quatre heures.

Minéraux alimentaires nécessaires à l'homme, chaque jour par kilogramme de poids vif.

Phosphore	0	gr.	0298
Soufre	0	—	0026
Chlore	0	—	159
Calcium	0	—	0164
Magnésium	0	—	00974
Potassium	0	—	0651
Sodium.	0	—	1066
Fer.	0	—	001228

Tous ces éléments sont avides d'oxygène ; ils s'oxydent rapidement ; les métalloïdes donnent naissance à des acides, les métaux à des oxydes, acides et oxydes qui se combinent entre eux. C'est donc à l'état d'oxydation que nous devons envisager les minéraux alimentaires, d'autant plus qu'ils ne se rencontrent pas, sauf le fer et le

soufre, à l'état de liberté dans la nature. L'oxydation des métaux au contact de l'air humide est une source d'azote soluble : l'hydrogène naissant se combine avec l'azote de l'air et donne de l'ammoniaque.

Cent parties d'aliments minéraux ingérés devront être composées de la manière suivante :

Aliments minéraux.	p. 100
Acide phosphorique	13,75
— sulfurique	1,31
Chlore.	32,104
Chaux.	4,63
Magnésie	3,216
Potasse	15,82
Soude.	28,29
Fer	0,247

Nous connaissons, maintenant, les éléments qui forment les aliments minéraux, la quantité de ces aliments nécessaires à 1 kilogramme d'homme vivant; nous connaissons, en outre, la proportion dans laquelle chacun de ces éléments doit entrer dans la ration alimentaire d'un homme d'un poids déterminé.

Le silicium, l'iode, le fluor et le manganèse ne sont point représentés dans les deux tableaux précédents.

Le silicium est très abondant dans la nature; il occupe une place importante parmi les autres éléments de la minéralisation des végétaux; la place occupée par le silicium est moins grande

chez les animaux que chez les végétaux et chez l'homme que chez les animaux. Le silicium est, comme le fluor, l'iode et le manganèse un aliment plus spécialement destiné à certains organes; ces corps ne sont point des aliments de *toute la substance* comme ceux inscrits dans nos tableaux ; nous les étudierons en étudiant la nutrition des tissus auxquels ils appartiennent plus particulièrement.

L'homme prend les minéraux alimentaires au règne minéral directement, aux végétaux et aux animaux. Les aliments que l'homme emprunte au règne minéral directement sont fort peu nombreux: les végétaux et les animaux, mais surtout les végétaux fournissent le plus grand contingent d'aliments minéraux à l'homme. Les aliments minéraux que l'homme tire du règne minéral directement, il les ingère tels quels, dissous dans l'eau, généralement. Quant aux minéraux alimentaires que l'homme ingère en ingérant les végétaux et la chair des animaux, ils sont à l'état de combinaisons multiples; les minéraux alimentaires sont des aliments minéraux. En effet, les minéraux se rencontrent dans les végétaux et dans la chair des animaux sous deux états différents; en solutions salines seules ou combinées avec la matière organique; sous forme d'acides et d'oxydes directement et séparément combinés à la matière organique.

En voici des exemples empruntés au règne végétal d'abord, au règne animal ensuite.

La silice ou acide silicique se trouve dans les plantes sous deux états différents.

On soumet (P. Dehérain, *Chimie agricole*) les tiges de diverses plantes à l'action d'une solution bouillante de soude ou de potasse marquant un degré au pèse-sel ; on lave à l'acide chlorhydrique étendu et enfin à l'eau pour enlever toute trace d'acide chlorhydrique.

Cent grammes de cendres de seigle en fleurs, de blé vert, de paille de froment, de bois de chêne et de deux échantillons de bagasse de canne à sucre contiennent avant l'ébullition avec les alcalis :

	Silice.
Seigle en fleurs	38 gr. 2
Blé vert.	40 —
Paille de froment	70 —
Bois de chêne	21 —
Bagasse de canne à sucre. . . .	67 — 6
—	—

Cent grammes de cendres des mêmes plantes contiennent après le traitement par les alcalis :

	Silice.
Seigle en fleurs	68 gr.
Blé vert.	87 —
Bois de chêne.	0 — 00
Bagasse de canne à sucre. . . .	25 — 92
—	53 — 42

La lessive alcaline et l'acide chlorhydrique étendus entraînent la plus grande partie des matières minérales et le chêne perd même toute la silice.

Autre exemple :

SILICE DANS 100 GRAMMES DE CENDRES	de feuilles normales.	de feuilles lavées à l'alcali.
Chêne	12 gr. 5	0 gr. 0
Lilas.	10 — 0	3 — 0

SILICE DANS 100 GRAMMES DE CENDRES	de feuilles normales.	de feuilles lavées à l'alcali.
Sapin	11 gr. 6	5 gr. 8
Marronniers .	18 — 9	37 — 5
Fougère . . .	32 — 3	74 — 2
— . . .	—	66 — 6

Dans les cendres du seigle en fleurs non lavé, la silice arrive de 38,2 p. 100 jusqu'à 68 p. 100 dans les cendres de seigle en fleurs lavé ; de 40 p. 100 dans les cendres du blé vert non lavé, la silice atteint 87 p. 100 dans les cendres du blé vert lavé avec les alcalis ; de 21 p. 100 dans les cendres de bois de chêne, la silice tombe à 0 p. 100 dans les cendres de bois de chêne lavé aux alcalis.

Des solutions plus concentrées de lessive alcaline marquant de 4 à 5 degrés au pèse-sel, désagrègent complètement la cellulose, enlèvent presque toute la matière minérale, et les cendres de la

paille de froment qui donnent 70 p. 100 avant le traitement par les alcalis, donnent plus de 93 p. 100 de silice après le traitement par les solutions alcalines concentrées.

L'on pourrait supposer que la lessive alcaline faible est suffisante pour enlever au bois de chêne toute sa silice alors qu'elle serait trop faible pour enlever toute la silice aux tiges des graminées; mais les expériences ont été faites dans des conditions identiques d'intensité d'attaque et de durée (Dehérain); la silice est inégalement attaquée dans les deux bagasses de cannes à sucre, dans les deux fougères; les cendres de lilas non lavées contiennent 10 p. 100 de silice; les feuilles de lilas lavées en retiennent 3 p. 100 seulement, tandis que les cendres de feuilles de chêne non lavées contiennent 12,5 p. 100 de silice et que les cendres de feuilles de chêne lavées n'en contiennent plus du tout.

Il est donc permis de croire que la silice se rencontre dans les plantes sous deux états différents, tantôt combinée à la cellulose qui ne la cède que lorsqu'elle est complètement désagrégée; tantôt sous un état isomérique qui se laisse facilement transformer par les dissolutions alcalines faibles.

Le phosphore fait-il partie intégrante de la

molécule organique, ou se trouve-t-il toujours dans l'organisme végétal ou animal à l'état d'acide phosphorique? La question est encore controversée; il ne nous paraît pas douteux que le phosphore fasse partie de la molécule organique dans certaines albuminoïdes, de la caséine, de certaines nucléines, par exemple. Quoi qu'il en soit, la combinaison la plus répandue du phosphore dans la substance vivante, l'acide phosphorique, se rencontre sous deux états différents chez les végétaux et chez les animaux. Un premier fait d'observation : l'acide phosphorique ne donne plus ses réactions habituelles, au sein des matières protéiques. Déjà, en 1890, dans un travail présenté à l'Académie de médecine pour le concours du prix Buignet, j'avais fait remarquer que les corps albumino-minéraux semblaient ne pas obéir aux lois qui régissent la statique chimique; ainsi l'acide phosphorique reste dissous en présence de la chaux dans une solution neutre. Vous savez que le phosphate tri et bicalcique est insoluble; il doit donc précipiter dans un milieu neutre; l'acide phosphorique, au contact de la chaux, formera une combinaison insoluble et cela pour des raisons de thermo-chimie que je ne fais que rappeler ici. Or, si l'on râpe des tubercules de pommes de terre (Dehérain), qu'on

exprime et qu'on filtre le jus exprimé, il sera facile de qualifier l'acide phosphorique et la chaux dans la liqueur qui restera limpide tant qu'elle ne sera pas altérée par la chaleur, tant que la matière albuminoïde ne sera pas coagulée ; mais, en même temps que se coagule l'albumine par la chaleur, la plus grande partie du phosphate de chaux se précipite ; d'où nous pouvons conclure que la matière protéique retenait le phosphate de chaux qui aurait dû se précipiter, selon les lois de la statique chimique, à la manière d'un acide faible. Le phosphate de chaux était combiné à la substance albuminoïde, il formait une combinaison définie, un albumino-phosphate de chaux, corps ayant un poids moléculaire considérablement élevé, soit très hydrolysable.

Cent grammes de farine de haricots fournissent 0 gr. 87 d'acide phosphorique et 0 gr. 30 de chaux ; 0 gr. 474 d'acide phosphorique et 0 gr. 151 de chaux se dissolvent dans l'eau lorsqu'on lave 100 grammes de farine de haricots, ce qui revient à dire que 100 grammes de farine de haricots contiennent 0 gr. 874 de phosphate bicalcique et que 0 gr. 44, plus de la moitié de ce phosphate se dissout dans les eaux de lavage, solubilisée par la matière azotée. J'ai calculé comme si toute la chaux des 100 grammes de farine de haricots était combinée

avec l'acide phosphorique, mais tel n'est pas le cas; une partie de la chaux est directement combinée, à l'état d'oxyde, à la substance albuminoïde pour former la diastase, le ferment qui solubilisera l'amidon au moment de la germination.

Ainsi, voilà deux exemples pris au milieu de tous les autres, démontrant que la matière minérale se rencontre dans le règne végétal et à l'état de combinaison avec la matière protéique et à l'état de solutions salines, car l'excès de l'acide phosphorique sur la chaux que l'on constate dans la farine de haricots, est combiné, soit avec la magnésie, soit avec la potasse.

Les phosphates alcalins sont des solubilisants de la matière organique, tandis que les phosphates terreux sont dissous par la matière organique ; ce n'est pas là, au point de vue de la vie, un antagonisme dangereux de propriétés différentes, mais une utile synergie.

Le chlorure de sodium est la dominante minérale des humeurs de l'homme ; ses usages sont multiples ; il dissout ou il précipite, selon le degré de concentration de ses solutions, certaines substances albuminoïdes ; il devient, en outre, l'agent principal de la peptonisation.

Lorsque, par l'électrolyse vitale, le chlorure de sodium a été dissocié en ses deux éléments compo-

sants, au niveau de la muqueuse de l'estomac, le chlore et le sodium reprennent leurs affinités natives ; le chlore se combine avec l'hydrogène et le sodium avec l'oxygène ; l'acide chlorhydrique se combine avec la matière protéique d'une manière fort lâche, mais si peu stable que soit la combinaison, elle existe ; la soude se combine de nouveau avec le chlore pour reformer du chlorure de sodium, mais une partie du chlore et de la soude seulement se lient entre eux, le reste satisfait aux lois chimiques du milieu stomacal.

Les analyses de C. Schmit et les miennes ont démontré que le suc pancréatique contenait un excès de soude que la totalité des acides présents ne peut saturer ; cette soude est combinée à la matière azotée du suc pancréatique ; c'est un albuminate sodique, une combinaison de la substance albuminoïde avec l'oxyde de sodium ; c'est un ferment puissant.

La caséine, substance azotée du lait, composée de six éléments métalloïdes, le carbone, l'hydrogène, l'azote, le soufre, l'oxygène et le phosphore, n'est pas autre chose, au point de vue spécial qui nous occupe, qu'un albumino-phosphate de chaux, non sans analogie avec les albumino-phosphates que nous avons rencontrés tout à l'heure chez les végétaux ; une grande partie du phosphate de chaux

est tenue en dissolution, grâce à sa combinaison avec la matière protéique et il en est du lait comme du jus de pommes de terre, les phosphates dissous ne résistent pas à la chaleur, ils se précipitent.

La pomme de terre, le haricot, le lait sont des aliments minéraux de valeur inégale ; l'acide chlorhydrique du suc gastrique, la soude du suc pancréatique sont des minéraux alimentaires, des agents nécessaires de la nourriture ; dans les premiers se trouvent les aliments minéraux, dans les seconds les minéraux alimentaires qui, par le jeu de la double décomposition avec les premiers les rendent assimilables.

Je crois que je ne pouvais mieux faire qu'en choisissant les exemples précédents pour vous démontrer que les minéraux alimentaires, soit qu'ils appartiennent au règne végétal, soit qu'ils appartiennent au règne animal, deviennent des aliments minéraux tant par leur combinaison avec la matière organique que par leurs réactions réciproques.

Les minéraux biodynamiques se rencontrent donc chez les végétaux et chez les animaux en solutions salines dissolvant la matière organique ; les acides et les bases, séparément, en combinaison avec les substances organiques ; de ces diverses combinaisons résultent, d'une part, les aliments miné-

raux et, d'autre part, les agents préparatoires et télédynamiques de la nutrition, les ferments. Il est rare de rencontrer, dans la nature, des corps, je ne dis pas à l'état simple (je ne fais aucune allusion aux corps organiques qui sont généralement fort complexes), mais à l'état de combinaison simple.

Ouvrez un livre de minéralogie ; consultez les analyses des minéraux ; vous verrez presque partout des sels doubles, des sels multiples.

L'eau, l'électricité, la chaleur, le froid, le poids de l'atmosphère, l'action atmosphérique ont bouleversé la surface de la croûte terrestre et jeté les éléments qui la composent les uns contre les autres ; les affinités chimiques ont fait le reste. De sorte que par le fait de ces forces, indépendamment des forces intérieures du globe qui ont préparé leur travail, le sol où les végétaux puisent leurs éléments de vie est de constitution compliquée. Ce n'est pas sans étonnement que nous voyons les protoplasmes radicellaires choisir dans ce chaos de roches désagrégées, les aliments biodynamiques dont ils nous feront profiter.

Les aliments minéraux sont, pour la plupart, des agrégats doubles ou multiples ; la simplicité de l'analyse est loin de nous donner la conception de la véritable constitution de ces corps ; la chaux,

par exemple, sera toujours plus ou moins accompagnée de fluor; la magnésie a une grande tendance à former des sels doubles, non seulement avec sa proche parente la chaux, mais encore avec la soude; le fer et le manganèse sont souvent associés, etc.

Dans l'organisme, la complexité des composés minéraux est singulièrement facilitée par l'action de la matière organisée. Je ne connais aucune excrétion, pas plus que je ne connais aucun aliment dont la minéralisation soit simple, en dehors des minéraux alimentaires directement empruntés au règne minéral et, encore, le sel que nous mettons chaque jour sur notre table n'est point du chlorure de sodium pur.

Je voulais vous dire ces choses avant de commencer l'étude détaillée des aliments minéraux afin que vous ne puissiez pas supposer que le phosphate bi ou tri-calcique ingéré, par exemple, restera en cet état alors que baigné dans une solution acide commune, le suc gastrique, avec les autres minéraux alimentaires, il sera, comme les autres minéraux alimentaires, transformé en chlorure, en un corps qui deviendra tout à la fois et un chlorure et un phosphate jusqu'au moment où il formera un nouveau corps, dans le sang, qui ne sera ni un phosphate, ni un carbonate, ni un albuminate, mais un carbo-phosphate, un albumino-phosphate.

L'analyse des aliments minéraux que nous allons entreprendre ne pourra nous fournir que leur composition élémentaire, le nombre parfois incomplet des minéraux alimentaires qui les composent. Nous ferons notre possible pour déduire de cette composition élémentaire la constitution probable des aliments minéraux, mais nous n'avons pas encore trouvé le secret de leur groupement moléculaire exact malgré les connaissances étendues des qualités de la matière, en général, et des forces qui la régissent que nous ont fournies, en ces derniers temps, la chimie et la physique proprement dites.

Pour déterminer exactement la constitution des aliments minéraux, il nous faudrait connaître l'agencement de leurs constituants sans que nous dérangions aucune des molécules constituantes, ce qui est la négation de toute analyse chimique ; et la polarimétrie ne peut rien nous enseigner touchant la constitution chimique des minéraux alimentaires groupés en aliments minéraux.

En tout cas, parmi les aliments minéraux que nous analyserons, j'attirerai particulièrement votre attention sur ceux dont la composition se rapprochera le plus, soit dans son ensemble, soit dans un de ses éléments, de la minéralisation normale de l'homme.

ONZIÈME LEÇON

LES ALIMENTS MINÉRAUX

Messieurs,

L'homme est omnivore ; il peut se nourrir de plantes, de fruits et de chair.

Nous commencerons l'étude des aliments minéraux par les plantes dont l'homme s'alimente le plus communément autour de nous. Nous étudierons ensuite les fruits et les graines, et enfin la viande.

Afin qu'il y ait plus de clarté dans notre exposition nous étudierons les aliments minéraux provenant des végétaux, en suivant les classifications botaniques et les aliments minéraux provenant des animaux en suivant les classifications zoologiques. Je négligerai, à dessein, toutes les plantes qui servent exclusivement de condiments.

SOLANÉES

La famille des solanées fournit, à côté de poisons violents, un certain nombre d'aliments ; parmi ces aliments, le plus répandu est incontestablement

la *pomme de terre*, tubercule comestible de la morelle tubéreuse (*Solanum tuberosum*).

La pomme de terre était cultivée de temps immémorial sur les pentes des Andes de l'Amérique du Sud; au Pérou, en Bolivie et au Chili. Ce fut de 1763 à 1783 que la pomme de terre commença à se répandre en France.

Les différentes variétés de pommes de terre se comptent aujourd'hui par centaines ; quoique fort intéressantes à rechercher, les causes qui ont donné naissance à un si grand nombre de variétés de la morelle tubéreuse, ne sont pas du domaine de ces leçons plus spécialement consacrées à la minéralogie biologique animale.

Composition minérale moyenne de la pomme de terre (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique. .	1 gr. 63	p. 1000
— sulfurique . . .	0 — 60	—
Chlore.	0 — 30	—
Chaux.	0 — 32	—
Magnésie.	0 — 50	—
Potasse	5 — 79	—
Soude	0 — 29	—
Silice	0 — 22	—
Fer métallique	0 — 00315	—

Cette analyse, comme du reste celles qui suivront, demande quelques éclaircissements.

La potasse est, sans conteste, la dominante miné-

rale de la pomme de terre. Vous vous rappelez certainement que Bünge avait tiré argument de la richesse en potasse de la pomme de terre pour expliquer la nécessité, pour les personnes qui en consomment beaucoup, de l'usage du chlorure de sodium, du sel.

L'acide phosphorique, l'acide sulfurique, le chlore, l'acide silicique réunis, ne sauraient occuper toute la potasse avec la magnésie, la chaux et la soude.

Nous admettons, conformément aux lois de la statique chimique, malgré ce que nous savons de l'intervention de la matière organique dans l'équilibre de la minéralisation des végétaux et des animaux, que la chaux et la magnésie sont d'abord combinées avec l'acide phosphorique ; c'est autant d'acide phosphorique en moins pour neutraliser les bases alcalines ; il va nous rester un excédent considérable de potasse, 3 gr. 50, environ, même en faisant porter exclusivement sur la potasse l'action du chlore, de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique disponible. Pour mieux faire ressortir l'excédent de la potasse, j'ai calculé le phosphate de chaux et de magnésie en phosphate tricalcique et tri-magnésien, en quoi j'ai eu tort, car le milieu humoral de la pomme de terre, si je puis me servir de cette expression, est acide. Dans ce milieu acide, les phosphates terreux sont à l'état

de phosphates bibasiques, et, dans toutes les substances vivantes, d'ailleurs, sauf dans une partie du système osseux, comme dans la pomme de terre : la matière protéique, représentée par 3 à 4 p. 1000 d'azote, contribue pour sa part à la dissolution des phosphates terreux de la pomme de terre.

L'excès de potasse se trouve dans la pomme de terre en faible quantité à l'état de nitrate de potasse et la majeure partie de la potasse est combinée à des acides organiques, à l'acide carbonique. Les acides organiques possèdent une acidité faible ; peu de base leur est nécessaire, et c'est sous forme de carbonate que la potasse résiduaire se rencontre dans la pomme de terre.

Voyez la contexture de l'aliment minéral de la pomme de terre : chlorures, sulfates, phosphates, silicates de chaux, de magnésie, de soude, de potasse, en solution dans un même milieu acide et légèrement azoté, au contact des carbonates ; cet aliment minéral est, ainsi que les minéraux géologiques, fort compliqué.

COMPOSÉES (Genre HELIANTHUS)

Le Topinambour (*Helianthus tuberosus*) est originaire du Mexique. Les tubercules du topinambour sont comestibles ; s'ils conviennent tout particuliè-

rement à la nourriture des moutons et des vaches laitières, ils ne sont point dédaignés par l'homme.

Composition minérale moyenne des tubercules du topinambour (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique . . .	1 gr. 45	p. 1000
— sulfurique	0 — 60	—
Chlore	0 — 42	—
Chaux	0 — 33	—
Magnésie	0 — 32	—
Potasse	4 — 66	—
Soude	1 — 10	—
Silice	0 — 185	—
Fer métallique	0 — 03[illegible]	—

Chez tous les végétaux nous trouverons la potasse dominante générale des sucs.

Dans le tubercule du topinambour qui pousse sur le même terrain, à côté de la pomme de terre, nous constatons un poids relativement élevé de soude si nous le comparons au poids de la soude de la pomme de terre.

Soude de la pomme de terre. . .	0 gr. 29
— du topinambour	1 — 10

L'acide phosphorique du topinambour est au-dessous de l'acide phosphorique de la pomme de terre, ainsi que l'acide sulfurique, légèrement ; le chlore est au-dessus ; la magnésie, la potasse et la silice sont au-dessous.

Voilà deux plantes vivant dans le même terrain, mais de familles différentes, produisant des tubercules de minéralisation inégale.

Au total, la pomme de terre nous donne 9 gr. 65 de matière minérale et le topinambour nous en donne 9 gr.098 p. 100. Quel est, d'après la minéralogie biologique, le tubercule qui convient le mieux à notre alimentation ? Le topinambour, plus riche en chlore et en soude que la pomme de terre, convient mieux à la constitution de nos humeurs ; mais, la pomme de terre, plus riche en acide phosphorique et en magnésie convient mieux à la substance grise de notre système nerveux ; ils sont donc tous les deux, selon les cas, associés ou séparés, utiles à la nourriture de l'homme.

Composition minérale moyenne de l'artichaut, Cynara scolymus (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique . . .	4 gr. 00	p. 1000
— sulfurique.	0 — 48	—
Chlore	0 — 25	—
Chaux	0 — 98	—
Magnésie	0 — 42	—
Potasse.	2 — 45	—
Soude	0 — 65	—
Silice.	0 — 70	—

L'artichaut passe pour être aphrodisiaque ; la grande quantité d'acide phosphorique qu'il contient, la chaux et la magnésie en font un aliment

précieux et sinon aphrodisiaque, tout au moins puissamment reconstituant. On peut considérer l'artichaut comme un aliment minéral de premier ordre et bien supérieur aux deux tubercules que nous venons d'analyser, mais il faut savoir le manger.

Nous avons vu que l'acide phosphorique, les phosphates, se rencontraient dans les végétaux sous deux états différents ; à l'état soluble et à l'état insoluble. Peu d'estomacs supportent les artichauts crus; pour que l'artichaut se puisse facilement digérer il faut le manger cuit; la cuisson enlève à l'artichaut une partie de ses phosphates terreux qui restent en dissolution dans l'eau de cuisson; afin de ne point perdre les phosphates solubilisés par la cuisson l'on fera servir l'eau de cuisson des artichauts à leur assaisonnement.

Composition minérale moyenne des feuilles de chicorée, Genre Cichorium (substances séchées à l'air).

Acide phosphorique . . .	1 gr. 70	p. 1000
— sulfurique.	1 — 30	—
Chlore	0 — 30	—
Chaux	3 — 00	—
Magnésie	0 — 50	—
Potasse.	7 — 75	—
Soude	0 — 10	—
Silice.	1 — 85	—

Les diverses espèces de chicorées sont originaires de l'ancien continent; elles sont d'un usage de

chaque jour, soit comme salades, soit comme tisanes.

Les feuilles de chicorée seraient un bon aliment minéral par la chaux qu'elles contiennent, mais le taux de la potasse et de l'acide sulfurique est trop élevé pour que l'on puisse en recommander l'usage comme aliments; les feuilles de chicorée, par contre, peuvent être un bon médicament dépuratif.

La racine pivotante et fusiforme de la chicorée à café fournit, par la torréfaction, un produit dont l'arome rappelle le *caramel*.

L'usage de la chicorée torréfiée remonte à 1806-1807, à l'époque du *blocus continental*. La consommation de la chicorée torréfiée est considérable, en France; elle est de 6 à 7 millions de kilogrammes. L'analyse qui va suivre vous démontrera que la racine de chicorée n'a pas une grande valeur au point de vue de l'alimentation minérale.

Composition minérale moyenne des racines de chicorée (substances séchées à l'air).

Acide phosphorique . . .	1 gr. 15	p. 1000
— sulfurique	0 — 75	—
Chlore	0 — 45	—
Chaux	0 — 70	—
Magnésie	0 — 50	—
Potasse	3 — 40	—
Soude	0 — 84	—
Silice	0 — 30	—

Puisqu'il est convenu que nous devons manger de la chicorée, mieux vaut manger les *feuilles* que la *racine*. En effet, si nous mettons en regard la minéralisation des feuilles et des racines de la chicorée, nous constatons une différence considérable, différence dont nous avons établi les causes dans les leçons précédentes.

	CHICORÉES	
	RACINES	FEUILLES
	P. 1000.	P. 1000.
Acide phosphorique . .	1,15	1,70
— sulfurique	0,75	1,30
Chlore.	0,45	0,30
Chaux	0,70	3 »
Magnésie	0,50	0,50
Potasse	3,40	7,75
Soude	0,84	0,10
Silice	0,30	1,85
Total	8,09	16.50

Le total de chacun de ces tableaux vous éclaire suffisamment sur la valeur minérale alimentaire de chacune de ces deux parties de la chicorée, les racines et les feuilles.

OMBELLIFÈRES

CAROTTE (*Daucus carota*).

Au milieu d'un grand nombre de plantes vénéneuses, excitantes, de condiments, la famille des Ombellifères nous offre quelques rares plantes comestibles. Les Ombellifères aiment les climats tempérés, presque froids ; elles sont fort rares sous les tropiques ; elles sont à peu près inconnues dans les plaines de l'Inde, mais elles deviennent très nombreuses sur les monts Himalaya.

La carotte est originaire du sud de l'Europe. De tous les tubercules, de toutes les racines potagères, c'est la carotte qui contient la plus grande quantité de soude.

Composition minérale moyenne des racines de carotte Daucus carota (substances séchées à l'air).

Acide phosphorique. .	1 gr.	15	p. 1000
— sulfurique . . .	0 —	55	—
Chlore	0 —	45	—
Chaux	1 —	00	—
Magnésie	0 —	41	—
Potasse.	2 —	90	—
Soude	2 —	42	—
Silice	0 —	15	—
Fer métallique	0 —	0145	—

La croyance populaire qui voit dans la racine

de carotte un médicament contre les affections du foie, l'empirisme médical qui vient confirmer cette croyance ne se sont point trompés. La soude est abondante dans la racine de carotte; le rapport de la soude à la potasse y est de 63 p. 100: le rapport des mêmes éléments est, dans la pomme de terre de 23 p. 100. La chaux est plus grande de 67 p. 100 dans la carotte que dans la pomme de terre; l'acide sulfurique y est plus petit, le chlore plus grand; la carotte est un aliment minéral; elle est un excellent médicament.

Composition minérale moyenne des racines de Panais, Pastinaca sativa (substances séchées à l'air).

Acide phosphorique. . .	1 gr. 80	p. 1000
— sulfurique	0 — 60	—
Chlore	0 — 25	—
Chaux.	1 — 30	—
Magnésie	0 — 70	—
Potasse	5 — 55	—
Soude.	0 — 16	—
Silice	0 — 20	—

Quoique riche en chaux et en acide phosphorique, le panais n'est pas un aliment très recommandable car il ne possède que fort peu de soude; il contient peu de chlore et beaucoup de potasse.

CRUCIFÈRES

CHOU (*Brassica*).

Le chou cultivé provient du chou sauvage (*Brassica oleracea sylvestris*) que l'on rencontre en France, en Angleterre, sur les bords de la mer dans l'Europe septentrionale où il pousse spontanément. Le genre *chou* comprend plusieurs variétés. Cent parties de cendres de choux contiendraient d'après Müller :

Acide phosphorique. . .	41	gr.	88	p. 100
— sulfurique	00	—	77	—
Chaux.	14	—	63	—
Magnésie.	11	—	86	—
Potasse	21	—	34	—
Soude.	05	—	36	—
Peroxyde de fer	02	—	84	—
Silice	01	—	32	—

Composition minérale moyenne du chou pommé, **Brassica** *oleracea capitata* (*substance séchée à l'air*).

Acide phosphorique. .	1	gr.	80	p. 1000
— sulfurique . . .	2	—	80	—
Chlore.	1	—	51	—
Chaux.	3	—	60	—
Magnésie	0	—	67	—
Potasse	5	—	02	—
Soude.	1	—	25	—
Silice	0	—	10	—
Fer	0	—	019	—
Iode.	0	—	0003	—

Composition minérale moyenne du chou de Milan (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique	2	gr.	42	p. 1000
— sulfurique	1	—	37	—
Chlore	1	—	25	—
Chaux	3	—	14	—
Magnésie	0	—	52	—
Potasse	4	—	62	—
Soude	1	—	68	—
Silice	0	—	80	—
Fer	0	—	0222	—
Iode	0	—	00062	—

Composition minérale moyenne de la racine du chou-rave (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique	2	gr.	787	p. 1000
— sulfurique	1	—	18	—
Chlore	0	—	67	—
Chaux	1	—	88	—
Magnésie	1	—	25	—
Potasse	5	—	18	—
Soude	0	—	78	—
Silice	0	—	67	—
Fer	caractérisé.			
Iode	caractérisé.			

Composition minérale moyenne du chou-fleur, Brassica oleracea botrytis (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique	1	gr.	89	p. 1000
— sulfurique	1	—	17	—
Chlore	0	—	38	—
Chaux	0	—	60	—
Magnésie	0	—	35	—

Potasse	4 gr. 19 p. 1000
Soude	0 — 59 —
Silice	0 — 34 —

Composition minérale moyenne du radis, Raphanus sativus (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique	0 gr. 60
— sulfurique	0 — 34
Chlore	0 — 59
Chaux	0 — 84
Magnésie	0 — 23
Potasse	1 — 90
Soude	1 — 20
Silice	0 — 58
Fer	caractérisé
Iode	?

Les aliments minéraux de la famille des crucifères sont abondants ; qu'il s'agisse d'une variété quelconque du genre *chou*, la minéralisation en est riche; il est certain que la teneur en potasse des choux enlève à ces aliments une grande partie de leurs qualités alimentaires, mais tels qu'ils sont ils offrent à l'organisme certains éléments qui sont relativement rares dans les autres familles, j'ai nommé l'iode et le fer.

LILIACÉS

ASPERGES. — OIGNONS. — CIBOULETTE. — POIREAUX

Composition minérale moyenne des turions d'asperge, Asparagus officinalis (substance fraîche).

Acide phosphorique. . .	0 gr. 975	p. 1000
— sulfurique	0 — 32	—
Chlore.	0 — 33	—
Chaux.	0 — 65	—
Magnésie.	0 — 22	—
Potasse	1 — 30	—
Soude.	0 — 96	—
Silice	0 — 58	—

Composition minérale moyenne de l'oignon ordinaire, Allium cepa (substance fraîche).

Acide phosphorique. . .	1 gr. 61	p. 1000
— sulfurique	0 — 50	—
Chlore.	0 — 25	—
Chaux.	1 — 985	—
Magnésie.	0 — 37	—
Potasse	3 — 10	—
Soude.	0 — 26	—
Silice	0 — 87	—

L'oignon ordinaire entrait pour une large part dans l'alimentation du soldat romain; les Égyptiens nourrissaient leurs esclaves avec des oignons. Dans tous les pays du sud de l'Europe il se fait

une grande consommation d'oignons pour la nourriture.

L'oignon frais contient de 2 gr. 50 à 3 grammes d'azote p. 100; ni la quantité de la minéralisation, ni la quantité d'azote ne recommandent l'oignon comme aliment. L'essence sulfurée que dégage l'oignon par une fermentation qui se rapproche par beaucoup de côtés de la fermentation sinapisique (chaux et potasse abondants en présence), peut, dans une certaine mesure, s'opposer au développement des infiniments petits ; l'oignon est un condiment désagréable, un antiseptique douteux et certainement un aliment insuffisant, très insuffisant.

Composition minérale moyenne de la ciboulette, Allium schœnoprasum (substance fraîche).

Acide phosphorique . . .	1 gr. 70 p. 1000
— sulfurique.	1 — 34 —
Chlore	0 — 45 —
Chaux	2 — 33 —
Magnésie	0 — 56 —
Potasse.	3 — 70 —
Soude	0 — 44 —
Silice.	0 — 33 —

Composition minérale moyenne des feuilles de poireau, Allium porrum (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique. . .	0 gr. 81 p. 1000
— sulfurique	0 — 377 —

Chlore	0 gr. 66	p. 1000
Chaux	2 — 29	—
Magnésie	0 — 38	—
Potasse	4 — 19	—
Soude	0 — 67	—
Silice	0 — 80	—

Composition minérale moyenne de la pulpe du poireau (substance fraîche).

Acide phosphorique	1 gr. 69	p. 1000
— sulfurique	0 — 72	—
Chlore	0 — 35	—
Chaux	1 — 08	—
Magnésie	0 — 36	—
Potasse	3 — 14	—
Soude	1 — 44	—
Silice	0 — 72	—

CHÉNOPODÉES

Le genre *Chenopodium* donne le nom à la famille.

Sauvages pour la plupart, les chénopodées sont très répandues dans le nord de l'Asie et de l'Europe; elles affectionnent les terres incultes, souvent les salins.

Les chénopodées sont des plantes à base de soude; il en est une, parmi elles, la *salsola*, qui fournit par incinération une grande quantité de soude utilisée par l'industrie.

Sur le littoral de la Méditerranée, lorsque la

tempête, bravant la défense de l'Ecriture, jette hors du rivage, l'eau de la mer qui vient recouvrir les terres arables basses, on dessale ces terres en y semant, pendant le temps nécessaire, des *salsola* qui absorbent l'excès de soude et rendent ainsi au sol sa fertilité première.

N'est-il pas remarquable que l'épinard soutire tout autour de lui la soude comme la truffe soutire la magnésie? (Chatin.)

Composition minérale moyenne de l'épinard, Spinaria oleracea (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique. . .	1 gr. 70	p. 1000
— sulfurique	1 — 14	—
Chlore.	1 — 06	—
Chaux.	1 — 99	—
Magnésie.	1 — 05	—
Potasse	2 — 82	—
Soude.	6 — 00	—
Silice	0 — 72	—
Fer	0 — 017	—

La betterave (Beta vulgaris) serait venue d'Italie en France, d'après Ollivier de Serres, dans les dernières années du XVIe siècle. Margraff d'abord, Achard ensuite, constatèrent la présence du *saccharose* dans la racine de betterave. Ce fut pendant le blocus continental que naquit l'industrie sucrière de la betterave qui a pris de nos jours une extension considérable. En dehors du sucre qu'elle nous

fournit, la betterave ne nous offre qu'un aliment bien insignifiant; autant les épinards peuvent nous être utiles, réalisant un des types les meilleurs parmi les aliments minéraux, autant la betterave doit nous rester indifférente.

Composition minérale moyenne de la racine de betterave, Beta vulgaris (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique . .	0 gr. 83	p. 1000
— sulfurique	0 — 58	—
Chlore	0 — 90	—
Chaux	1 — 81	—
Magnésie	1 — 21	—
Potasse.	4 — 65	—
Soude	1 — 48	—
Silice.	1 — 86	—
Fer.	0 — 0063	—

Composition minérale moyenne du champignon comestible, Agaricus campestris (substance fraîche).

Acide phosphorique. . .	3 gr. 34	p. 1000
— sulfurique	0 — 33	—
Chlore.	0 — 08	—
Chaux.	0 — 083	—
Magnésie.	0 — 25	—
Potasse	4 — 25	—
Soude.	0 — 17	—
Silice	0 — 07	—
Manganèse.	caractérisé.	

Les champignons, en général, ne contiennent point de matière colorante verte, non parce qu'ils

vivent à l'abri de la lumière, comme on le croit, mais parce qu'ils sont riches en ferments oxydants (Bourquelot).

Je terminerai ici les analyses des légumes; nous commencerons mardi prochain l'analyse des fruits et des graines qui servent à notre alimentation.

DOUZIÈME LEÇON

LES ALIMENTS MINÉRAUX

Messieurs,

POMACÉES

Pommes (latin, *Pomum*. — Pommier, *Malus*). Genre de la famille des *Pomacées*.

Les pomacées habitent l'Europe, le nord de l'Asie, les montagnes de l'Inde et l'Amérique du Nord; l'Afrique, loin des côtes, notre hémisphère méridional en sont dépourvus.

La distribution géographique des pommiers justifie pleinement la réserve que nous nous sommes imposée de ne nous occuper que des végétaux et des fruits qui se consomment le plus communément autour de nous.

Composition minérale moyenne des pommes (substance fraîche).

Acide phosphorique . .	2 gr. 63	p. 1000
— sulfurique. . . .	0 — 16	—
Chlore	1 — 06	—

Chaux	0	gr.	125	p. 1000
Magnésie.	0	—	25	—
Potasse.	1	—	04	—
Soude	0	—	77	—
Silice.	1	—	24	—
Fer	0	—	035	—

POIRIER

Le poirier (*Pyrus communis*) croît naturellement dans les forêts de l'Europe; la culture a fait de son fruit âpre et de petit volume un fruit qui atteint jusqu'à $0^m,40$ de diamètre, très succulent, le meilleur, incontestablement, des fruits à pépin.

Composition minérale moyenne des poires (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	0	gr.	62	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	24	—
Chlore.	0	—	27	—
Chaux.	0	—	34	—
Magnésie	0	—	23	—
Potasse	2	—	24	—
Soude.	0	—	36	—
Silice	0	—	29	—
Fer	0	—	027	—

AMPÉLIDÉES

Le raisin est le fruit de la vigne cultivée (*vitis vinifera*) genre de la famille des *ampélidées*.

Jusqu'à ces derniers temps on croyait que la vigne était originaire de l'Asie. Mortillet paraît avoir prouvé que la vigne était gauloise. Sans chercher à réveiller chez vous des souvenirs classiques qui furent si doux à nos pères amoureux du bon vin et des belles-lettres, hélas ! trop délaissées par l'utilitarisme actuel, je passe à l'analyse du raisin.

Composition minérale moyenne des raisins (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	0 gr. 99	p. 1000
— sulfurique . . .	0 — 35	—
Chlore.	0 — 062	—
Chaux.	0 — 75	—
Magnésie.	0 — 31	—
Potasse	3 — 53	—
Soude.	0 — 07	—
Silice	0 — 21	—

DRUPACÉES

PRUNIER

La prune est le fruit du prunier, *prunus*, genre de la famille des Drupacées.

Le prunier est originaire de Damas. Selon Pline il fut importé en Italie du temps de Caton.

Les variétés du prunier domestique (*prunus domesticus*) sont nombreuses.

Parmi les autres fruits, la prune est remarquable

par l'absence de *chlore* et de *sodium*, de *chlorure de sodium*.

Composition minérale moyenne des prunes (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	1	gr.	46	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	35	—
Chlore.	0	—	004	—
Chaux.	0	—	90	—
Magnésie.	0	—	30	—
Potasse	1	—	95	—
Soude.	0	—	02	—
Silice	0	—	10	—
Fer	0	—	04	—

CERISIER

Le cerisier (*cerasus*) est l'un des genres les plus importants de la famille des Drupacées.

Les merisiers (*cerasus avium*) ont vécu de tout temps à l'état sauvage dans nos forêts, dans nos bois.

Quant aux cerisiers cultivés, ils ont été importés des environs de Cérasonte, dans l'Asie Mineure, 68 ans avant J.-C. par Lucullus. Le nom de *cerasus* dont nous avons fait *cerisier* vient de Cérasonte. C'est le fruit du *cerasus caproniona*, du griottier que nous avons analysé, variété dite cerise de Montmorency.

La minéralisation de la cerise est incontestable-

ment supérieure au point de vue de la qualité à la minéralisation de la prune. Plus d'acide phosphorique, de chlore, de soude, voilà ce qui distingue la cerise de la prune.

Composition minérale moyenne de la cerise de Montmorency (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	0	gr.	73	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	19	—
Chlore.	0	—	087	—
Chaux.	0	—	35	—
Magnésie.	0	—	25	—
Potasse	2	—	42	—
Soude	0	—	11	—
Silice	0	—	055	—
Fer.	0	—	077	—

RIBÉSIACÉES (*Ribes.*)

La famille des Ribésiacées, grossulariées de de Candolle, ne contient que deux espèces qui nous intéressent : le *Ribes rubrum, groseiller rouge* et le *Ribes grossularia, groseiller épineux*, groseiller à maquereau. Le *Ribes nigrum* ou cassis ne se mange pas ; il sert à fabriquer une liqueur réputée stomachique ?

Les groseilles ont une minéralisation peu abondante, exempte de chlore.

Composition minérale moyenne du fruit du groseiller rouge (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	0	gr.	65	p.	1000
— sulfurique . . .	0	—	20		—
Chlore.	0	—	025		—
Chaux.	0	—	38		—
Magnésie	0	—	22		—
Potasse	1	—	35		—
Soude.	0	—	35		—
Silice	0	—	08		—
Fer	0	—	017		—

Composition minérale moyenne du fruit du groseiller épineux (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	1	gr.	66	p.	1000
— sulfurique . . .	0	—	50		—
Chlore.	0	—	062		—
Chaux.	1	—	00		—
Magnésie.	0	—	49		—
Potasse	3	—	27		—
Soude.	0	—	84		—
Silice	0	—	10		—
Fer	0	—	038		—

ROSACÉES

FRAISES, FRUIT DU « FRAGARIA VESCA » de Linné.

Les fraises ne sont pas comme les pommes et les poires des fruits de presque toutes les saisons ; elles ne peuvent se conserver fraîches.

Linné et beaucoup d'autres après lui ont cru que la fraise était un médicament de la goutte, de la diathèse urique; ce qui pourrait donner quelque créance à cette hypothèse, c'est la présence dans le fruit du fraisier d'une quantité relativement abondante de soude et de chaux. La soude est la dominante minérale de la fraise. Diurétique par le sucre de canne et le sucre interverti qu'elle contient d'après Buignet, lithontriptique par les sels organiques à base de soude, la fraise peut devenir un agréable médicament.

J'arrêterai ici les analyses des fruits; celles que je viens de vous donner vous permettront, le cas échéant, de faire un usage varié et raisonné de certains fruits en tant qu'aliments minéraux.

Composition minérale moyenne des fraises (substance fraîche).

Acide phosphorique. .	0	gr.	80	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	183	—
Chlore.	0	—	168	—
Chaux.	0	—	80	—
Magnésie.	0	—	32	—
Potasse	1	—	24	—
Soude.	1	—	86	—
Silice	0	—	68	—
Fer métallique. . . .	0	—	035	—

CÉRÉALES

FROMENT

Les céréales, de Cérès, déesse des moissons, comprennent le *froment*, l'*épeautre*, le *seigle*, l'*orge*, l'*avoine*.

Le froment ou blé, *triticum sativum*, de la famille des graminées, appartient à la tribu des Hordées.

L'origine du froment se perd dans la nuit des temps; on ne lui connaît point d'ancêtres. Le blé cultivé a eu certainement un ancêtre sauvage que quelques-uns ont voulu reconnaître dans l'*Œgilops triticoïdes* (Fabre).

La disparition du type sauvage du blé prouve que cette graminée a été cultivée dès les premiers jours de l'humanité, lorsque les grands bouleversements du globe semblèrent, en s'arrêtant, assurer aux hommes une vie plus tranquille.

Composition minérale moyenne du froment (substance séchée à l'air).

Acide phosphorique. .	8 gr. 73	p. 1000
— sulfurique . . .	0 — 12	—
Chlore.	0 — 08	—
Chaux.	0 — 55	—
Magnésie.	2 — 18	—
Potasse	5 — 65	—

Soude.	0	gr.	34	p. 1000
Silice	0	—	301	—
Fer	0	—	05	—

ÉPEAUTRE

L'épeautre, *triticum spelta*, se distingue du froment du blé, entre autres caractères, par la difficulté que l'on éprouve à séparer le grain de la balle.

L'épeautre est incontestablement la céréale que cultivèrent les anciens Egyptiens. Les grecs appelaient ὄλυρα la grande épeautre et τίφη la petite épeautre. Les Romains désignaient l'épeautre par le simple mot de *semen, semence*, la semence par excellence. L'épeautre paraît donc être la céréale le plus anciennement cultivée. Nous ne savons cependant pas si le *Chittah* des livres saints de l'Inde ancienne, désigne le froment ou l'épeautre ; nous ne savons pas davantage si le πυρὸς d'Homère désigne le froment ou l'orge.

Composition minérale moyenne de l'Epeautre (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique. .	7	gr.	65	p. 1000
— sulfurique . .	0	—	13	—
Chlore.	0	—	24	—
Chaux.	0	—	86	—
Magnésie.	1	—	88	—
Potasse	5	—	33	—
Soude.	0	—	56	—

Silice	0 gr. 123 p. 1000	
Fer	0 — 053	—
Manganèse	caractérisé.	

SEIGLE

Le seigle (*Secale*) est une grande ressource de nourriture pour les pays septentrionaux.

Le seigle est une plante résistante s'accommodant facilement des terres les plus pauvres.

Comparée à la minéralisation du froment et de l'épeautre, la minéralisation du seigle est plus élevée ; il mène son évolution plus rondement que le froment et l'épeautre ; il résiste mieux à la dureté du climat et à la stérilité des terres.

Le seigle, plus minéralisé, au total, que le blé, n'épuise pas le sol comme le blé ; on peut semer du seigle pendant plusieurs années de suite sur le même champ, ce que l'on ne peut faire pour le blé ; cela tient, sans doute, à ce que le seigle prend moins de chaux à la terre que le blé et l'épeautre et peut-être aussi à la faculté que possède le seigle de prendre au loin les éléments minéraux qui lui sont nécessaires ; à l'aptitude minérale plus développée dans le protoplasme des radicelles du seigle.

Composition minérale moyenne du seigle (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique	9 gr. 50 p. 1000	
— sulfurique	0 — 23	—

Chlore	0 gr.	13	p. 1000
Chaux	0 —	55	—
Magnésie	2 —	30	—
Potasse	6 —	39	—
Soude	0 —	33	—
Silice	0 —	206	—
Fer	0 —	26	—
Cuivre	0 —	012	—

ORGE

L'orge, *Hordeum vulgare*, est la céréale qui s'avance le plus au midi et au nord. La rapidité de son évolution la met à l'abri des rigueurs extrêmes des climats.

Je ne ferai que vous rappeler la grande consommation qui se fait de l'orge dans les pays du nord pour la fabrication de la bière. Je vous ai expliqué comment se formait la diastase dans le grain, ce qu'était la diastase, quelle était son action. Comme les grains des autres céréales, les grains d'orge sont riches en magnésie, tandis que la diastase est principalement composée de chaux, presque exclusivement composée de chaux. La spécificité fonctionnelle s'inquiète peu du nombre et de la quantité des éléments en présence, elle fait choix de celui qui convient le mieux à son but.

Composition minérale moyenne des orges de printemps et d'hiver (substances séchées au soleil.)

Acide phosphorique. . .	6 gr. 79	p. 1000
— sulfurique	0 — 48	—
Chlore.	0 — 18	—
Chaux.	0 — 38	—
Magnésie.	2 — 20	—
Potasse	4 — 05	—
Soude.	0 — 68	—
Silice	5 — 35	—
Cuivre.	0 — 011	—
Fer	0 — 052	—
Manganèse.	caractérisé.	

Avoine — *Avena sativa.*

L'avoine sert de nourriture non seulement aux animaux mais encore à l'homme. L'avoine est le principal aliment des montagnards écossais. L'Écossais mange l'avoine sous forme de *gruau ;* on appelle *gruau* le grain d'avoine dépouillé de son enveloppe corticale.

L'avoine est beaucoup plus riche en chaux que le blé, le seigle et l'orge ; elle est suffisamment munie d'acide phosphorique. L'avoine constitue donc un excellent aliment pour les jeunes enfants, pour les sujets affaiblis ; parmi les aliments minéraux, l'avoine est incontestablement l'un des meilleurs.

Composition minérale moyenne de l'avoine (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique . .	7 gr. 00	p. 1000
— sulfurique. . . .	0 — 35	—
Chlore	0 — 30	—
Chaux	1 — 25	—
Magnésie	2 — 45	—
Potasse.	6 — 53	—
Soude	0 — 41	—
Silice.	10 -- 00	—
Fer.	00 — 013	—
Cuivre	00 — 009	—

MAÏS

Le maïs (*Zea*) appartient comme les plantes précédentes à la famille des graminées. Le maïs (*Zea mays*), appelé vulgairement blé de Turquie, est originaire du Nouveau Monde. Aussi est-ce en Amérique que la culture du maïs est le plus développée. L'homme peut se nourrir de maïs. Les *gaudes*, la *polente*, sont faites avec de la farine de maïs. La *chicha* des Espagnols de l'Amérique du Sud est une boisson fermentée retirée de la graine du maïs.

Dans nos climats on consomme généralement les grains du maïs sec ; les Indiens mangent les épis de maïs vert ; ils mangent encore les grains du maïs vert à la façon dont nous mangeons les petits pois, ou bien grillés, ou cuits à l'eau.

Le maïs ne contient pas de gluten, ce qui le rend impropre à la panification. Le gluten étant un albuminate calcique analogue à la fibrine, il est possible de dire, *à priori*, que le maïs doit être assez pauvre en chaux ; c'est ce qui existe, en effet, comme va vous le prouver l'analyse suivante.

Composition minérale moyenne du maïs (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique. . .	6 gr. 25	p. 1000
— sulfurique	0 — 11	—
Chlore.	0 — 15	—
Chaux.	0 — 32	—
Magnésie.	2 — 80	—
Potasse	3 — 96	—
Soude	0 — 19	—
Silice	0 — 30	—
Fer	0 — 015	—

LÉGUMINEUSES

POIS. *Pisum sativum.* — LENTILLE. *Lens.*
HARICOT COMMUN. *Phaseolus sativus.* — FÈVE. *Faba.*

La sous-famille des Papilionacées fournit, parmi les légumineuses, le plus grand nombre de plantes alimentaires ou utiles. Les fruits des papilionacées sont généralement fort minéralisés ; aussi quelques-uns peuvent-ils fournir, par leurs réserves

minérales, au complet développement d'un individu jusqu'à la fructification inclusivement.

Je me hâte de vous faire remarquer que parmi les graines des légumineuses, la lentille est au nombre de celles que l'usage a consacrées comme les meilleures ; or, le pois est pauvre en soude, et la lentille relativement riche de cet élément ; le rapport de la soude à la potasse est de 1,9 pour le pois, et de 22,7 pour la lentille. Il est certain que le hasard, non plus que l'analyse dont les Aryens se souciaient peu, n'a point légué aux générations le choix de certains aliments ; l'expérience restreignit le nombre des aliments ; or, n'est-il pas étonnant, qu'après des milliers d'années, la science vienne confirmer les choix faits par l'empirisme ; les lentilles contiennent une quantité notable de soude, elles sont un bon aliment pour l'homme.

Composition minérale moyenne du pois (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique . .	9 gr. 91	p. 1000
— sulfurique. . . .	0 — 94	—
Chlore	0 — 47	—
Chaux	1 — 30	—
Magnésie	2 — 24	—
Potasse.	11 — 91	—
Soude.	0 — 23	—
Silice.	0 — 235	—

Composition minérale moyenne de la lentille (Lens) (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique . . .	5 gr. 55 p. 1000
— sulfurique.	0 — 50 —
Chlore	0 — 65 —
Chaux	0 — 92 —
Magnésie	0 — 40 —
Potasse.	7 — 88 —
Soude	1 — 79 —
Silice.	0 — 24 —

Composition minérale moyenne du haricot commun, Phaseolus sativus (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique . .	9 gr. 80 p. 1000
— sulfurique. . . .	1 — 20 —
Chlore	0 — 25 —
Chaux	1 — 40 —
Magnésie	2 — 00 —
Potasse.	12 — 00 —
Soude.	00 — 35 —
Silice.	00 — 18 —
Cuivre	00 — 011 —

Composition minérale moyenne de la fève, Faba (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique. .	12 gr. p. 1000
— sulfurique . . .	01 — —
Chlore.	0 — 44 —
Chaux.	1 — 55 —
Magnésie.	2 — 15 —
Potasse	13 — —
Soude.	0 — 20 —
Silice	0 — 19 —
Fer	0 — 0077 —

POLYGONACÉES

SARRASIN ; (*Fagopyrum*) BLÉ NOIR, BLÉ DE BARBARIE

Le sarrasin est ainsi appelé parce que, dit-on, il fut apporté de Perse en Europe par les Arabes. Les Arabes auraient mérité le nom de Sarrasins parce qu'ils seraient les descendants de Sara, la femme d'Abraham, ou mieux à cause de leur brigandage, du verbe arabe *saraka*, volé. Vous comprenez ainsi la liaison qui peut exister entre les Arabes, leur nom de Sarrasins et le nom de *Fagopyrum!*

La fleur du sarrasin est une fleur mellifère ; elle est très recherchée des abeilles.

La consommation du sarrasin est considérable dans nos départements de l'Ouest. Le sarrasin est consommé sous forme de pain, de galettes et de bouillie.

Composition minérale moyenne du sarrasin (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique. . .	5 gr. 68	p. 1000
— sulfurique	0 — 24	—
Chlore.	0 — 19	—
Chaux.	0 — 55	—
Magnésie.	1 — 60	—
Potasse	2 — 90	—

Soude	0 gr. 77 p. 1000	
Silice	0 — 30	—
Fer	0 — 018	—

JUGLANDÉES

NOYER COMMUN — *Juglans regia.*

Le noyer commun est originaire de la Perse et du Kachemire. Le fruit du noyer est une ressource précieuse pour les habitants de plusieurs pays. On mange les noix vertes et sèches.

Composition minérale moyenne de l'amande de noix sèches (substances séchées au soleil).

Acide phosphorique	4 gr. 85 p. 1000	
— sulfurique	0 — 03	—
Chlore	0 — 02	—
Chaux	0 — 97	—
Magnésie	1 — 53	—
Potasse	3 — 80	—
Soude	0 — 20	—
Silice	0 — 03	—

CORYLACÉES

CHATAIGNIER COMMUN — CASTANEA VESCA

Le châtaignier fournit un aliment abondant dont se nourrissent les habitants de certaines contrées. Comme aliment minéral, le fruit du châtaignier

n'est point remarquable, il se rapproche de la pomme de terre.

La châtaigne fut un des premiers aliments de l'homme primitif.

Composition minérale moyenne de la châtaigne (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique . . .	5 gr. 19	p. 1000
— sulfurique.	0 — 15	—
Chlore	0 — 33	—
Chaux	1 — 37	—
Magnésie	0 — 21	—
Potasse.	6 — 96	—
Soude	0 — 21	—
Silice.	0 — 05	—

Nous sommes, je crois, assez documentés maintenant sur les aliments minéraux.

Nous pourrions chercher à grouper les divers éléments composant la minéralisation de chaque légume, de chaque fruit, de chaque graine ; nous pourrions chercher à combiner les bases avec les acides et à vous présenter l'aliment minéral non point tel qu'il est assurément, mais tel que nous pourrions le concevoir.

Ce travail ne nous enseignerait rien de particulier touchant l'activité des minéraux dans l'organisme ; il pourrait nous donner une fausse idée, nous pousser à une mauvaise interprétation des faits réels de la nutrition. Nous sommes en pré-

sence, il est bon de le rappeler, du squelette de l'aliment tel qu'il se présente à nous ; sachant que les substances azotées, les albuminoïdes, sont incapables de transformations sans le secours de la matière minérale, nous sommes aussi autorisés à préjuger de l'action de la matière minérale en la considérant dans ses éléments qu'en l'envisageant dans ses combinaisons possibles.

S'il est vrai que les corps, en se combinant, acquièrent des qualités et des propriétés nouvelles, nous n'avons pas le droit de les considérer, en physiologie, dans leurs états de combinaison sinon que passagèrement, car le sort de l'aliment, dans la nutrition, est de subir de continuelles transformations, de continuelles doubles décompositions à la suite desquelles un grand nombre d'aliments minéraux sont excrétés sous des formes autres que celles qu'ils avaient au moment où ils ont été ingérés, tandis que certains autres sortent de l'organisme, après avoir été décomposés et recomposés, dans le même état qu'à leur entrée.

Les phosphates, les sulfates de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, seront réduits. Nous retrouverons les carbonates, chez l'homme principalement, à l'état de phosphates. Nous n'avons donc aucun intérêt à fabriquer des minéraux imaginaires tandis que nous savons que les acides se

combinent avec les bases, etc.; ce qu'il nous importe de connaître, c'est la qualité et la quantité des bases et des acides qui se trouvent en présence, des bases surtout dans l'aliment minéral, bases et acides qui ne peuvent se suppléer, puisqu'il n'existe pas d'*isomérie physiologique*.

Vous avez pu remarquer que parmi les plantes réputées, soit pour leurs qualités alimentaires, soit comme bienfaisantes contre certaines affections, la carotte contre les affections du foie, les fraises contre la goutte, etc., la soude, contrairement à ce qui se passe pour le plus grand nombre des autres plantes, la soude est leur dominante minérale ; or, l'expérience nous enseigne que les sels à base de soude sont d'excellents médicaments dans la diathèse qui engendre la goutte, l'uricémie, quelques affections du foie.

Que la soude se rencontre dans ces racines, dans ces fruits, à l'état de malate, de tartrate, d'oxalate, de carbonate, de phosphate ou de sulfate de soude, peu nous importe, au point de vue qui nous occupe, c'est la présence seule de la soude qui nous intéresse.

Le gruau est riche en acide phosphorique, en chaux, en magnésie ; que la combinaison de ces éléments, de ces minéraux alimentaires, entre eux, soit exactement répartie comme l'ordonnent

les lois de la statique chimique ou bien qu'ils forment un tout, sorte de minerai, de sel multiple dont la gangue serait faite de matière organique, cela ne saurait nous arrêter un instant, et, en présence d'un organisme débilité, déminéralisé, nous n'hésiterons pas à employer cet aliment minéral comme amendement d'un sol qui a besoin de chaux, de magnésie, d'acide phosphorique.

Je ne sais si je me trompe, mais l'avenir de notre race me paraît indissolublement lié à l'avenir de la science que je professe, la minéralogie biologique, tout comme l'avenir de l'agriculture est déjà fait des documents analytiques amassés par les continuateurs de la science agronomique du grand chimiste que fut Liebig.

Certainement que l'on *chaulait* les champs avant que Liebig ne vint au monde; certainement que depuis des siècles les médecins administrent des phosphates aux indigents de matière minérale, mais l'important est de ne point *chauler* un champ riche en chaux quand il manque de potasse; l'important est de ne point administrer de la chaux à un organisme qui manque de soude et réciproquement.

TREIZIÈME LEÇON

LES ALIMENTS MINÉRAUX (*Suite.*)

Messieurs,

Les grains que nous venons d'analyser se consomment sous un état de grande division, à l'état de *farine*. L'avoine et quelques autres se consomment plus particulièrement à l'état de grains, tel le maïs, comme nous l'avons vu au cours d'une précédente leçon.

La farine subit certaines préparations qui la transforment en un aliment appelé *pain*.

A propos du pain, je me crois obligé d'entrer dans quelques développements qui ne paraissent avoir que des relations fort éloignées avec le sujet principal de nos études, mais le pain est le meilleur des aliments de l'homme; il peut même suppléer à tous les autres. Actuellement, en France, le pain, et c'est fâcheux, n'est constitué que par la partie la moins nutritive, la moins minéralisée du grain d'où est sortie la farine. Le grain n'a pas toujours été consommé sous forme de pain.

Le mot pain (*panis*) sert à désigner proprement le résultat de la panification de la farine de froment ; mais on peut faire et l'on fait du pain avec d'autres farines que la farine de froment ; on fait du pain avec la farine du seigle, de l'avoine, du maïs, etc. L'art de broyer les graines des céréales pour les réduire en farine, remonte fort loin dans l'antiquité. Moïse, Homère, nous indiquent que, à leur époque, on se servait déjà d'appareils assez compliqués pour moudre le grain ; c'était une vraie mouture puisqu'il s'agit d'appareils formés de meules de pierre dure. Deux pierres, le mortier, furent les premiers des moulins.

Près de 2 500 ans avant Jésus-Christ, les patriarches savaient transformer le blé en farine et la farine en pain. Cependant jusqu'à l'an 168 avant notre ère, les Romains demeurèrent dans l'ignorance de la mouture et de la panification ; ils torréfiaient le blé, le réduisaient en gruaux dans des mortiers et le faisaient cuire ensuite en bouillie.

Plus tard, lorsque les Romains eurent des moulins il les firent tourner par des esclaves, par les condamnés politiques, par les écrivains coupables d'avoir eu plus de souci de leur génie que de leur bourse. Oh ! combien la civilisation a fait de progrès. Ce n'est point de nos jours, comme en ces

temps-là que l'on condamnerait Plaute, le premier des comiques latins, malgré le jugement sévère d'Horace, à tourner la meule ; à devenir la propriété, la chose d'un créancier intraitable. Il est vrai que sans la loi des Douze Tables, nous n'aurions pas eu la comédie *l'Insolvable* frappée au coin du meilleur du génie de Plaute, s'il faut en croire Aulu-Gelle. Oh ! l'humanité est bien changée ; aujourd'hui nous faisons mieux ... ou pis, comme vous voudrez. Mais, je cherche en vain, dans l'histoire des manifestations de l'esprit humain, le nom du propriétaire du moulin dont Plaute poussait la meule, tandis que, après plus de 2.000 ans, Plante est encore vivant parmi nous.

Ainsi, les Egyptiens, au temps de Moïse, savaient faire le pain avec du levain et à Rome, sous Auguste, les Romains mangeaient le pain fabriqué par des boulangers grecs.

L'histoire est muette sur la qualité du pain que consommaient les patriarches, les Égyptiens, les Grecs et les Romains. Il est à croire que tout le grain de froment réduit en farine servait à la confection du pain. Certaines pratiques, comme nous le verrons plus loin, démontrent que les anciens distinguaient nettement le son de la farine ; nous ne savons pas dans quelle mesure les anciens peuples pouvaient séparer le son de la farine ; le

pain des anciens devait se rapprocher, sans doute, du pain bis que l'on fabriquait autrefois dans les campagnes, de ce que l'on appelle, aujourd'hui, le *pain complet*.

Composition minérale moyenne du pain blanc (substance telle qu'on la consomme).

Acide phosphorique . .	3 gr.	p. 1000
— sulfurique. . . .	0 — 054	—
Chlore	0 — 276	—
Chaux.	0 — 956	—
Magnésie	1 — 128	—
Potasse.	0 — 78	—
Soude	0 — 242	—
Fer.	0 — 059	—
Azote.	11 — 90	—

FARINES

FARINE DE FROMENT

Lorsque le blé a été transformé en farine, celle-ci est soumise à un traitement particulier que l'on appelle le *blutage*, sorte de tamisage qui sépare le son de la farine proprement dite.

Le grain de blé se compose, comme vous le savez, de trois couches bien distinctes : les *téguments*, l'*albumen* et la *plantule*. La matière minérale réside dans les téguments et la plantule.

Composition minérale moyenne de la plantule du blé (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique . . .	2 gr. 11	p. 1000
— sulfurique.	0 — 55	—
Chlore	0 — 16	—
Chaux	0 — 31	—
Magnésie	0 — 91	—
Potasse.	1 — 50	—
Soude	0 — 30	—
Azote.	9 — 53	—

Composition minérale moyenne des téguments du blé (substance séchée au soleil).

Acide phosphorique. . .	10 gr. 14	p. 1000
Chaux.	0 — 53	—
Magnésie.	2 — 14	—
Potasse	6 — 75	—
Soude.	0 — 12	—

La qualité de la meule ou l'agencement des cylindres, l'espace plus ou moins grand qui sépare les mailles du bluteau, donnent, pour le même grain, une qualité de farine différente, une farine plus ou moins chargée de son et de débris de plantules, une farine plus ou moins blanche, plus ou moins privée des parties corticales du grain. Aujourd'hui, avant de moudre le grain de blé on lui enlève mécaniquement la plantule.

Plus une farine est belle, c'est-à-dire blanche,

moins elle est bonne, moins est nutritif le pain qu'elle fournit.

Au point de vue de la consommation, les blés peuvent se diviser en blés tendres et en blés durs. Les blés tendres sont les plus riches en amidon et les plus pauvres en matière minérale ; la farine du blé tendre blutée à 20 p. 100 renferme seulement 0 gr. 75 de matière minérale p. 100 ; les blés durs sont plus riches en matière azotée, en *gluten* que les blés tendres ; la farine du blé dur blutée à 20 p. 100 renferme 1 gr. 09 p. 100 de matière minérale.

Les blés durs servent à fabriquer les pâtes alimentaires dites pâtes d'Italie ; les blés durs d'Auvergne donnent de meilleurs produits que les blés durs d'Italie.

Les blés durs sont particulièrement cultivés dans le Sud de l'Europe.

Il nous vient d'Amérique des blés durs, de petit grain, que l'on est obligé d'humecter pour les réduire en farine par les cylindres.

La partie corticale du blé contient donc les sels et le gluten. Le gluten est un albumino-phosphate de chaux et un albuminate de chaux en même temps ; le gluten représente par conséquent la partie azotée du grain de blé.

La matière minérale se rencontre dans le blé sous

deux états différents ; sous forme de substance albumino-minérale soluble et sous forme de substance albumino-minérale insoluble.

Lorsque l'on fait couler un mince filet d'eau sur de la farine que l'on malaxe, l'amidon est entraîné par l'eau et il reste une substance insoluble qui est le *gluten*, matière albumino-minérale insoluble composée de phosphate bibasique de chaux et de matière albuminoïde. Lorsque, par le repos, on a laissé l'amidon se déposer, si l'on décante les eaux de lavage, celles-ci déposent, par la chaleur, un précipité floconneux composé d'une minime quantité de chaux combinée à la matière protéique et de phosphates terreux également combinés à la matière protéique et solubilisés par elle. De la présence d'un albumino-phosphate de chaux, de la combinaison directe de la chaux avec la matière protéique, nous pouvons déduire la présence d'un ferment diastasique qui existe, en effet, dans le blé ; ferment qui aura besoin pour entrer en action et de la présence de l'eau et d'un certain degré de température, inférieure, toutefois, à 70° C. L'eau, l'hydrolyse, la chaleur agissent comme dissociants, favorisés par l'élévation du poids moléculaire de l'albuminoïde et l'acide phosphorique devient l'agent de continuité dans la fermentation.

Je considère, vous le savez, les fermentations,

quelle que soit l'origine du ferment, comme une double décomposition chimique, une hydrolyse.

Le gluten qui contient 16 p. 100 de matière minérale ne suit pas le mouvement de la matière minérale de la farine ; ainsi la farine de cylindre du cinquième broyage contiendra par exemple :

Gluten humide	45 gr.	p. 100
Cendres.	0 — 90	—

La farine du premier broyage contient :

Gluten	26 gr. 50	p. 100
Cendres.	0 — 97	—

De sorte que les farines trop riches en gluten sont inférieures, les farines trop riches en matière minérale sont également inférieures ou adultérées, selon les appréciations du commerce.

L'amidon entre pour une proportion de 64 p. 100 dans la composition de la farine de blé ; le gluten, estimé sec, pour une proportion de 12,50 p. 100 environ ; la matière minérale, pour une proportion de 1,12 p. 100.

Composition minérale de la farine brute de blé (*Wolff*).

Acide phosphorique . .	5 gr. 60	p. 1000
Chaux	0 — 60	—
Magnésie	1 — 10	—
Potasse	3 — 50	—

Soude	0 gr. 10 p. 1000
Eau	120 — 00 —
Azote.	21 — 60 —

Composition minérale moyenne de la farine fine de blé.

Acide phosphorique. .	2 gr. 34 p. 1000
Chaux.	0 — 21 —
Magnésie.	0 — 395 —
Potasse	1 — 59 —
Soude.	0 — 04 —
Eau	136 — 00 —
Azote	18 — 00 —

La farine du blé constitue un aliment minéral de tout premier ordre, incomplet cependant, lorsque par des blutages exagérés on ne lui a pas enlevé les parties essentielles de sa constitution, la matière minérale et l'azote.

En effet la farine brute contient :

Cendres.	1 gr. 12 p. 100
Azote.	2 — 16 —

La farine fine contient :

Cendres.	0 gr. 455 p. 100
Azote.	1 — 80 —

SON

La principale partie du grain de blé qui est rejetée par le blutage s'appelle le *Son*. Le son

n'est pas ce qu'un vain peuple pense. Les anciens savaient parfaitement distinguer le son du reste de la farine.

Le son fut un philtre d'amour en Orient et en Occident. On lit, en effet, dans le prophète Baruch que les Chaldéennes, assises dans la rue, brûlaient du *son* pour inspirer de l'amour aux passants ; les vapeurs du son passaient pour aphrodisiaques chez les Assyriens.

L'enchanteresse Simèthe après avoir vainement épuisé tous ses charmes pour tenter son amant, s'écrie : « Maintenant je vais brûler du *son*. » A cet égard, la réputation du son est complètement perdue aujourd'hui ; je ne saurais point vous dire pourquoi le son éveillait les sens des Chaldéens, mais je n'oserais pas vous affirmer que les vertus aphrodisiaques des vapeurs du son, vraies jadis, fussent nulles à présent ; vous verrez, si jamais une hâtive impuissance vous y contraint, si le son de nos blés a conservé les amoureuses incitations du son des blés qui nourrirent la puissante et tant civilisée société assyrienne.

Au point de vue physiologique le son n'est point le déchet méprisé des amateurs de pains dits *Viennois*.

Le blé ne contient que 2 à 2,5 p. 100 de *cellulose* de vrai son, mais les meilleurs moulins donnent

(Joigneaux) de 12 à 22 p. 100 de son ; ce son se divise de la manière suivante :

Son gros	10
— fin	7
Farine de son	3

En meunerie, le rendement en son est de 25 p. 100; le son est composé des principes les plus nutritifs de la farine dans la proportion de 60 à 70 p. 100.

La composition du son est la suivante :

Amidon.	52 gr.	p. 100
Gluten	14 — 90	—
Cellulose	9 — 70	—
Glucose.	1 — 00	—
Graisses	3 — 60	—
Cendres.	5 — 00	—
Eau	13 — 80	—
Azote.	2 — 05	—

Composition minérale moyenne du son.

Acide phosphorique. . .	2 gr. 24	p. 1000
— sulfurique	0 — 08	—
Chaux.	1 — 77	—
Magnésie.	8 — 40	—
Potasse	15 — 89	—
Soude.	0 — 29	—
Fer	0 — 04	—
Silice	0 — 21	—

Comparons les principaux éléments qui entrent

dans la composition du son aux principaux éléments composant la farine fine.

ÉLÉMENTS COMPOSANTS	SON	FARINE FINE
	Gr. p. 100.	Gr. p. 100.
Acide phosphorique . .	29,24	2,34
Chaux.	1,77	0,21
Magnésie	8,40	0,395
Potasse	15,89	1,59

En réalité il manque au pain blanc le plus essentiel de la composition du blé, la matière minérale, les phosphates de potasse, de chaux et de magnésie.

Le blé ne contenant, nous l'avons vu, que 20 à 25 p. 1000 de cellulose, c'est-à-dire de matière non digestible, le pain type, le pain, pour être un aliment parfait devrait être fait avec de la farine peu blutée ; le pain constituerait ainsi le plus parfait et le plus agréable, le meilleur des aliments minéraux, car pendant la panification on ajoute à la pâte, une certaine somme de sel qui apporte le minéral alimentaire indispensable à l'homme, le chlorure de sodium.

AVOINE

L'avoine n'était connue ni des Hébreux, ni des Égyptiens ; elle était abondante dans les environs de Pergame, du temps de Galien.

Un kilogramme d'avoine donne 780 grammes de farine et 22 grammes de son.

Cent parties d'avoine contiennent :

Matière minérale	2,67
— protéique	13,70
— hydrocarbonée.	62,60
Cellulose	21,03

Le pain de farine d'avoine n'existe pas.

Lorsque l'avoine sert à faire du pain elle est mélangée à la farine de seigle ou de froment.

L'avoine se consomme sous forme de grains décortiqués ou gruau, ou sous forme de farine à l'état de bouillie. La bouillie d'avoine entre pour une large part dans l'alimentation des Écossais qui attribuent à cette céréale leur développement, leur force physique.

« L'homme, dit J.-B. Krantz, s'est nourri d'avoine depuis les temps les plus reculés. Nos ancêtres de la Gaule et de la Germanie connaissaient la bouillie d'avoine et en faisaient le fond de leur nourriture. Leur santé était loin d'en souffrir, si nous en croyons les historiens romains, qui les représentent comme des hommes d'une taille et d'une force exceptionnelle. Pline va plus loin et il attribue la rareté des maladies chez les Germains à l'usage de cet aliment. Si, de nos jours, la fertilité de notre sol à permis de faire le pain avec des céréales de qualité supérieure,

il ne faut pas oublier que l'Ecosse, l'Irlande, et même chez nous, la Bretagne, ont conservé l'usage de la farine et du gruau d'avoine. »

Composition minérale moyenne de la farine d'avoine.

Acide phosphorique . .	4	gr.	23	p. 1 000
Chaux	1	—	10	—
Magnésie	1	—	00	—
Potasse.	3	—	00	—
Soude	0	—	13	—

SEIGLE

Le pain de seigle est indigeste ; il est aussi difficile à obtenir qu'à digérer.

Composition minérale moyenne de la farine de seigle.

Acide phosphorique	8	gr.	85
Chaux.	0	—	18
Magnésie	1	—	48
Potasse	7	—	00
Soude.	0	—	32
Fer.	0	—	40

ORGE

Les classes pauvres chez les Égyptiens et chez les Hébreux se nourrissaient de pain d'orge ; comme punition on donnait au soldat romain de l'orge au lieu de froment. Selon Pline les anciens considéraient l'orge comme un aliment très nourrissant et très sain.

Dans des jours de grande douleur nationale, lorsque l'ennemi entourait Paris, en 1871, nous avons connu le pain d'orge. Voici, à titre de curiosité, la composition du pain que mangeaient les Parisiens assiégés :

Blé	25	p. 100
Seigle, *orge*, pois, vesce	5	—
Riz	20	—
Avoine	30	—
Fécule et amidon	10	—
Son	10	—

Composition minérale moyenne de la farine blutée de l'orge.

Acide phosphorique	10 gr. 25	p. 1 000
— sulfurique	0 — 53	—
Chaux	0 — 63	—
Magnésie	2 — 92	—
Potasse	6 — 25	—
Soude	0 — 54	—
Fer	0 — 036	—

Composition minérale moyenne de la farine de maïs.

Acide phosphorique	2 gr. 88	p. 1 000
Chaux	0 — 41	—
Magnésie	0 — 95	—
Potasse	1 — 83	—
Soude	0 — 22	—
Fer	0 — 021	—

FARINE DE RIZ

De toutes les graminées dont je viens de vous donner l'analyse, le riz est celle qui contient le plus de fécule, 86 p. 100.

Les classes pauvres de la Chine et de l'Inde se nourrissent à peu près exclusivement de riz. Le riz n'est pas panifiable, aussi est-il consommé cuit à l'eau avec quelques condiments.

Certains physiologistes ont voulu rendre le riz responsable de l'infériorité physique des races qui s'en nourrissent. Je crois peu à cette influence fâcheuse du riz ; le riz n'est point tellement dépourvu de matière minérale et d'azote qu'il ne puisse nourrir son homme, loin de là ; mais le riz possède une qualité qui devient pour l'alimentation un grave défaut ; il absorbe, en cuisant, beaucoup d'eau ; il augmente, de ce fait, considérablement en volume ; sous cette forme l'estomac ne pourrait certainement pas en contenir une quantité suffisante pour entretenir et réparer le corps d'un homme. Les Chinois, gens pratiques, ont obvié à cet inconvénient de l'alimentation par le riz en le faisant cuire à la vapeur, avec peu d'eau, dans des marmites fermées ; le grain de riz gonfle peu et le Chinois peut en absorber suffisamment pour se nourrir.

Composition minérale moyenne de la farine de riz.

Acide phosphorique. .	14	gr.	18	p.	1 000
— sulfurique . . .	0	—	18		—
Chaux.	1	—	50		—
Magnésie.	5	—	87		—
Potasse	3	—	60		—
Soude.	0	—	83		—
Silice	10	—	00		—
Fer	0	—	27		—

Je crains que les hommes qui dirigent notre économie politique ne soient le jouet d'un mirage fatal à notre pays. Notre race s'éteint graduellement, depuis plusieurs siècles, mais principalement depuis Louis XIV; la terre féconde de notre vieille Gaule semble s'appauvrir chaque jour; non seulement le nombre des naissances diminue, mais notre race dégénère.

En cette année 1898, dit le colonel Thomas, on a constaté une dégénérescence physique alarmante parmi les hommes appelés sous les drapeaux.

Est-ce de l'appauvrissement de notre sol qu'est né le besoin de conquérir de nouvelles terres, vierges de toute culture savante, dans d'autres parties du monde? N'est-ce pas plutôt de la faiblesse inhérente à notre nature, du souci de la vie facile, du désir d'obtenir le plus de bien-être possible avec le moins d'efforts possibles, efforts que soule-

vait jadis l'idée religieuse, de nos jours presque effacée? Aucune conception politique ou sociale procédant de la notion de justice, c'est-à-dire de la connaissance des besoins de chacun selon ses aptitudes; aucune philosophie élevée sortie de la connaissance approfondie de l'homme considéré comme force, capable de pensée, ne sont point encore venues, s'emparant du cœur des hommes, pour subjuguer leurs instincts, souvenirs toujours vivaces de notre passage à travers les degrés divers de l'animalité, pour faire pénétrer, sans mysticisme, dans l'esprit de tous, la nécessité absolue, inéluctable, du travail soutenu de chacun, le travail portant immédiatement en lui-même, quelque pénible qu'il soit, sa propre récompense, la liberté d'action.

Si, pénétrés de ces saines doctrines, nous cultivions notre incomparable terre de France selon les lois du travail et de la science, nous retrouverions avec l'aisance, les nobles joies d'une nombreuse famille. La roche souterraine est assez riche et, à son défaut l'eau de la mer est assez pourvue d'éléments capables de réparer les pertes séculaires de notre sol; nous ne savons pas regarder autour de nous.

Mais, puisque l'expansion coloniale nous entraîne, je ne veux pas finir ces leçons sur les

aliments minéraux tirés des végétaux sans vous parler d'une graminée nourricière, je ne dirai pas cultivée, qui pousse au Soudan.

Les indigènes du Soudan, dit M. Dybowksi (*Compt. rend.*, t. CXXVI, p. 771), ne font pas entrer, comme on le sait, dans leur alimentation les céréales cultivées en Europe. Celles-ci sont remplacées par d'autres produits et particulièrement par le maïs, le sorgho et le riz de montagne. A ces graminées dont l'usage est depuis longtemps connu, il faut en ajouter une autre qui, bien que d'un emploi très répandu, n'avait pas encore était classée parmi les céréales alimentaires. Cette graminée est désignée, sous les noms botaniques de *Digitaria longiflora* (Poroon) ou sous celui de *Paspalum longiflorum* (Tetz). Elle croît spontanément dans toute la région tropicale ou subtropicale de l'ancien monde où elle couvre parfois de vastes plaines. Mais nulle part elle n'a été signalée comme alimentaire en dehors du Soudan occidental.

En Guinée française, la culture se fait en répandant la graine sur le sol, que l'on a débarrassé de la brousse par l'incendie. En trois mois la plante se développe et porte graine. Celles-ci se séparent facilement par le battage. On les moud en les triturant dans un mortier de bois. La semoule que l'on obtient ainsi constitue un aliment d'une très haute

valeur nutritive. Le son représente seulement 9,75 p. 100 du poids de la graine.

Le maïs est plus riche en matières grasses que les autres céréales ; le *paspalum* est plus riche en matières grasses que le maïs.

Comparaison des graines du Paspalum aux graines des autres graminées.

	PASPALUM	BLÉ	SEIGLE	ORGE	MAÏS	RIZ
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Matière minérale. . .	3,90	1,81	1,81	2,69	1,51	1,01
— protéique. . .	7,67	12,35	4,52	11,14	9,85	7,85
Graisse.	5,34	1,75	1,79	2,16	4,62	0,88
Amidon	73,33	67,91	67,81	66,93	68,41	76,52
Cellulose	2,56	2,53	2,01	3,31	2,49	0,63

Le *Paspalum* se rapproche de l'orge par le poids des cendres ; du maïs par ses matières grasses; du riz par l'amidon et la matière protéique ; du blé par le poids de la cellulose. Au demeurant, la nouvelle graminée alimentaire nous paraît être un bon aliment.

QUATORZIÈME LEÇON

ALIMENTS MINÉRAUX (*Suite.*)

Messieurs,

Nous avons fini, dans la dernière leçon, l'analyse des minéraux alimentaires, des aliments minéraux fournis par les légumes, les fruits et les graines. Nous allons nous occuper des minéraux alimentaires, des aliments minéraux que l'homme emprunte directement au règne minéral, soit pour en user comme aliments, soit pour en user comme médicaments, ces médicaments n'étant pas autre chose que des aliments à l'insu souvent de celui qui les prescrit comme à l'insu de celui qui les absorbe.

Les minéraux alimentaires, les aliments minéraux que l'homme peut prendre directement au règne minéral sont : la chaux, la magnésie, des sels de chaux, de magnésie, de soude, de potasse, de fer et de manganèse.

Les aliments minéraux appartenant au règne minéral sont au nombre de cinquante environ, savoir :

OXYDES

De chaux.
De magnésie.
De fer.
De manganèse.

CHLORURES

De sodium.
De potassium.
De calcium.
De magnésium.

IODURES

De sodium.
De potassium.
De calcium.
De magnésium.

BROMURES

De sodium.
De potassium.
De calcium.
De magnésium.

PHOSPHATES

De chaux.
De magnésie.
Monobasiques.
Bibasiques.
Tribasiques.
De soude.
Bibasique.
De potasse.
Bibasique.
De fer.
Ferroso-ferrique.
De manganèse.
Manganeux.

HYPOPHOSPHITES

De chaux.
De magnésie.
De soude.
De potasse.

CARBONATES

De chaux.	De soude.
De magnésie.	De potasse.

BICARBONATES

De soude.	De potasse.

SULFATES

De chaux.	De potasse.
De magnésie.	De fer.
De soude.	De manganèse.

Sur les cinquante minéraux alimentaires ou aliments minéraux, onze sont à base de chaux, onze sont à base de magnésie, huit sont à base de soude, huit sont à base de potasse, trois sont à base de fer et trois sont à base de manganèse. La chaux, la magnésie, la soude, la potasse sont plus particulièrement combinées au chlore, à l'iode, au brome, à l'acide phosphorique, à l'acide carbonique et à l'acide sulfurique ; le fer et le manganèse sont combinés à l'acide phosphorique et à l'acide sulfurique ; la chaux, la magnésie, le fer et le manganèse seuls sont absorbés et surtout utilisés à l'état d'oxydes ; ils représentent les deux séries les plus importantes des ferments ; les hydrastases et les oxydases.

Les chlorures, les iodures et les bromures sont

absorbés, principalement, sous forme de sel ordinaire, de sel marin. Rien de plus facile que de constater la présence de l'iode, du brome dans le sel marin. Le sel que nous consommons chaque jour, tant dans nos aliments qu'en nature, n'est pas seulement un minéral alimentaire, mais bien un aliment minéral, c'est-à-dire un aliment des plus précieux par sa composition et ses qualités. Vous vous souvenez que les aliments minéraux d'origine végétale sont généralement fort pauvres en chlorures.

La chaux s'emploie à l'état de chaux hydratée, sous forme d'eau de chaux. L'eau de chaux préparée avec l'eau de fontaine devient un aliment minéral; en effet, l'eau de chaux contient de la magnésie, du fer (la potasse seule a été enlevée par décantation) et du chlore apporté par l'eau de fontaine.

La magnésie se consomme à l'état d'oxyde anhydre ou magnésie calcinée; à l'état d'oxyde hydraté moins fréquemment; le plus souvent la magnésie calcinée est hydratée au moment de l'ingestion et elle devient ainsi par l'apport de la minéralisation de l'eau un aliment minéral moins complet que la chaux mais aussi indispensable.

Le fer est ingéré sous plusieurs états d'oxydation : le safran de mars apéritif est un sesqui-

oxyde de fer hydraté ; l'éthiops martial est un oxyde ferroso-ferrique.

Le manganèse est quelquefois, rarement employé à l'état de peroxyde.

Les chlorures de sodium, de potassium, de calcium, de magnésium font partie de l'aliment minéral appelé *sel*.

Dans certains cas on prescrit un seul minéral alimentaire chloruré, soit du chlorure de calcium, soit du chlorure de magnésium en solution ; tantôt on prescrit aux hypochlorurés un aliment chloruré complet, une solution dans laquelle le chlorure de sodium entre dans la proportion de 1 gr. 66 p. 100, le chlorure de calcium dans la proportion de 0,66 p. 100 ; le chlorure de magnésium dans la proportion de 0,43 p. 100 et le chlorure de potassium dans la proportion de 0,33 p. 100 ; cet aliment minéral peut s'administrer indistinctement par la voie stomacale ou par la voie hypodermique ; à la dose d'une cuillerée à café à la fin des repas, par la voix stomacale ; à la dose de 5 centimètres cubes, tous les deux jours, en injection hypodermique.

Les iodures et les bromures sont principalement absorbés avec le sel marin ; ils se trouvent, d'ailleurs, dans un certain nombre d'aliments minéraux d'origine végétale et animale.

Les phosphates calciques que l'on absorbe directement comme minéraux alimentaires sont au nombre de trois qui diffèrent par la quantité de calcium qu'ils contiennent, calcium correspondant aux basicités de l'acide phosphorique ; il en est de même des phosphates magnésiens.

Les phosphates de soude et de potasse sont ingérés sous la forme de phosphates bibasiques.

Les phosphates de fer et de manganèse sont rarement absorbés en combinaison simple ; ils sont ingérés sous forme de phosphates multiples et deviennent ainsi des aliments minéraux.

Les phosphates ne sont pas introduits dans l'économie par l'estomac seulement ; ils sont aussi injectés au-dessous de la peau sous la forme de phosphoglycérates, c'est-à-dire, en combinaison organique, et sous la forme de phosphates métalliques simples ; malheureusement les phosphates sont injectés avec abus, sans discernement le plus souvent, car l'analyse du sol ne précède que fort rarement les injections hypodermiques de phosphates, et, l'on s'expose ainsi à injecter du phosphate de soude à un organisme qui a besoin de phosphate de chaux ; du phosphate de chaux à un organisme qui a besoin de phosphate de magnésie et de même pour les autres phosphates. Vous devinez l'inutilité, sinon le danger d'une pareille

conduite. On dirait vraiment que la vie humaine est moins précieuse pour les humains que la vie de la betterave ou des graminées ; une telle indifférence laisserait supposer dans l'esprit de ceux qui la pratiquent et qui ont tous les éléments nécessaires pour la corriger, une influence intense, atavique et néfaste pour la science, d'*anthropomorphisme ;* ils semblent oublier que si l'homme est placé au plus haut de l'échelle des êtres, il vit de la vie végétative comme le plus humble des végétaux, comme le dernier des êtres de la série zoologique ; que l'homme vit de la vie végétative avant de penser, qu'il est corps brut, végétal et animal avant de devenir homme. La complexité des fonctions de l'être humain, conséquemment sa fragilité, méritent une étude plus approfondie de ses besoins, un oubli moins grand de son origine, de la nature de ses éléments qui sont les éléments de la terre d'où il est sorti.

Ceux qui cherchent à nourrir la cellule déminéralisée avec un phosphate quelconque indifféremment, allèguent que le phosphore seul est vital, que la base qui l'introduit dans l'organisme importe peu ; c'est là une erreur compromettante, puisqu'il n'existe pas, comme je vous l'ai déjà dit, d'isomérie en physiologie, erreur dont l'évidence a été expérimentalement démontrée et pour le règne

végétal et pour le règne animal. En effet, vous ne pourrez jamais faire vivre une plante avec la soude, non plus qu'un animal avec la potasse.

Les hypophosphites de chaux, de magnésie, de soude et de potasse sont ingérés par l'estomac sous différentes formes; les hypophosphites sont des minéraux alimentaires inférieurs aux phosphates; ils se transforment d'ailleurs en phosphates; l'acide hypophosphorique est un agent réducteur énergique enlevant l'oxygène aux dissolutions salines avec lesquelles il se trouve en contact.

Les carbonates sont des minéraux alimentaires qui passent facilement à l'état d'aliments minéraux; il est rare de rencontrer un carbonate pur parmi ceux qui sont offerts à notre organisme, même par les pharmaciens. Sous le nom de médicaments, les carbonates de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse, mais les trois premiers, surtout, sont quotidiennement ingérés sur le conseil des médecins; il en est des carbonates comme des phosphates, ils sont introduits dans le corps selon l'inspiration du moment; leur effet prochain est le seul que l'on recherche; de leurs effets éloignés on n'a nul souci, croyant, sans doute, que la nature saura faire la part de ce qui lui convient, de ce qui la gêne; voilà pourquoi vous voyez des malades qui prennent, pendant une semaine, du

carbonate de chaux, et pendant la semaine suivante, du carbonate de magnésie, sans plus de succès.

Les bicarbonates les plus employés sont le bicarbonate de soude et le bicarbonate de potasse ; le bicarbonate de soude est d'un usage journalier ; tout le monde prend ce minéral alimentaire à propos du moindre trouble de la digestion ; je répéterai, et avec plus de raison encore, à propos des bicarbonates, ce que je disais des carbonates ; ils sont abusivement employés pour leurs effets prochains, ce qui fait que souvent leur action est nulle ou passagère. Que n'a-t-on pas dit, que n'a-t-on pas écrit sur l'action du bicarbonate de soude, sur la manière de le doser, sur le moment le plus favorable pour l'administrer, et le tout, sans chercher à savoir si c'était bien le bicarbonate de soude qu'il fallait administrer ou bien tout autre carbonate? Si l'on voulait bien analyser le sol animal, l'on ne s'exposerait pas à constater que le bicarbonate de soude augmente ici l'acidité au lieu de la diminuer; que là, il arrête la digestion stomacale par excès d'alcalinité.

Les sulfates de fer et de manganèse sont employés séparément ou unis ensemble sous forme de sel double ; le sulfate double est un aliment minéral dont la valeur ne dépasse pas la valeur

des autres aliments minéraux à base de fer et de manganèse.

Le sulfate de soude joue depuis bientôt quinze ans, associé au chlorure de sodium et au phosphate de soude, un rôle considérable comme agent de reminéralisation entre les mains d'un grand nombre de médecins qui font de la reminéralisation sans le savoir ou plutôt sans qu'ils veuillent ni se l'avouer à eux-mêmes, ni l'avouer aux autres. Le sulfate de soude entre dans la composition d'un grand nombre de *sérums artificiels*, véritables aliments minéraux dont les malades retirent le plus grand profit; cependant, l'on professe officiellement, *à côté*, qu'il est superflu de s'occuper, dans l'analyse des tissus, des sels qui entrent dans leur composition; c'est très judicieux; en effet, une loi générale de biologie nous enseigne que les sels sont les facteurs indispensables de la nutrition, de la vie.

ALIMENTS MINÉRAUX TIRÉS DU RÈGNE ANIMAL

Toutes les parties molles d'un animal peuvent être mangées; les muscles entrent pour la plus grande part dans la consommation de tous les jours. Les parties solides d'un animal, les cartilages, les tendons, les os sont peu ou pas comestibles dans leur état ordinaire.

Les animaux qui nous fournissent les aliments

minéraux les plus fréquents, appartiennent à la famille des vertébrés ; ce sont les :

Bovidés ;
Ovidés ;
Suidés ;
Gallinacés ;
Palmipèdes ;
Gadoïdes ;
Pleuronectes ;
Scomberoïdes ;
Sélaciens ;
Malacoptérygiens apodes.

BOVIDÉS

L'origine du bœuf domestique est inconnue.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de bœuf vivant.

Acide phosphorique .	19 gr. 80	p. 1000
— sulfurique. . .	0 — 15	—
Chlore	3 — 05	—
Chaux	21 — 87	—
Magnésie	0 — 77	—
Potasse.	1 — 80	—
Soude	1 — 50	—
Silice.	0 — 11	—
Fer.	0 — 022	—
Manganèse	caractérisé.	

OVIDÉS

Notre mouton domestique descend, croit-on, du mouflon de Corse.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de mouton vivant.

Acide phosphorique .	12	gr.	65	p. 1000
— sulfurique. . .	0	—	10	—
Chlore	2	—	15	—
Chaux	13	—	53	—
Magnésie	0	—	45	—
Potasse.	1	—	54	—
Soude	1	—	45	—
Silice.	0	—	22	—
Fer.	0	—	029	—
Manganèse	caractérisé.			

SUIDÉS

Le cochon domestique dérive du sanglier. A poids égal, le bœuf est plus minéralisé que le mouton ; le mouton est plus minéralisé que le porc.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de porc vivant.

Acide phosphorique. .	9	gr.	40	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	089	—
Chlore	1	—	98	—

Chaux.	9 gr.	82	p.	1000
Magnésie.	0 —	47		—
Potasse	1 —	92		—
Soude.	0 —	25		—
Silice	0 —	26		—
Fer	0 —	025		—
Manganèse.	caractérisé.			

GALLINACÉS

On présume que le genre *Gallus* a été transporté de l'Inde en Perse et de Perse en Europe ; à la vérité, on ne connaît pas l'origine de la poule domestique.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de poule vivante.

Acide phosphorique. .	4 gr.	91	p.	1000
— sulfurique . . .	0 —	059		—
Chlore.	1 —	34		—
Chaux.	5 —	27		—
Magnésie	1 —	65		—
Potasse	0 —	43		—
Soude.	0 —	36		—
Silice	0 —	12		—
Fer	0 —	03		—

PALMIPÈDES

Le canard commun (*anas boschas*) appartient au genre Tadornes. Les Tadornes sont répandus

dans toute l'Europe. En se domestiquant, le canard, chose bizarre, est devenu *monogame*.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de canard commun vivant.

Acide phosphorique . .	4	gr.	80	p. 1000
— sulfurique. . . .	0	—	15	—
Chlore	1	—	25	—
Chaux	5	—	05	—
Magnésie	1	—	62	—
Potasse.	0	—	43	—
Soude	0	—	35	—
Silice.	0	—	10	—

POISSONS

GADOÏDES

Quoique la minéralisation du merlan ne soit pas hors de proportion avec la minéralisation que les divers auteurs accusent chez les poissons, en général, nous devons dire que l'analyse du merlan a été faite en plein printemps ; à cette époque de l'année, les végétaux, les animaux se reminéralisent avec activité. Vous pouvez voir sur les bords des lacs du bois de Boulogne, les canes fouiller les berges de leurs becs et avaler avec avidité de grosses gorgées de terre délayée par l'eau, dès les premiers jours du mois de mars.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de merlan vivant.

Acide phosphorique. .	2	gr.	68	p.	1000
— sulfurique . . .	0	—	44		—
Chlore.	0	—	42		—
Chaux.	13	—	20		—
Magnésie.	0	—	13		—
Potasse	0	—	65		—
Soude.	3	—	41		—
Silice	0	—	09		—
Fer	0	—	04		—

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de sole commune (Platena solea) vivante (Pleuronectes).

Acide phosphorique .	1	gr.	038	p.	1000
— sulfurique. . .	0	—	34		—
Chlore	0	—	32		—
Chaux	10	—	24		—
Magnésie	0	—	10		—
Potasse.	0	—	50		—
Soude	2	—	64		—
Silice.	0	—	079		—
Fer.	0	—	03		—

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de maquereau vulgaire, vivant (Scomber scombrus) (Scomberoïdes).

Acide phosphorique .	1	gr.	26	p.	1000
— sulfurique. . .	0	—	41		—
Chlore	0	—	39		—
Chaux	12	—	38		—
Magnésie	0	—	122		—
Potasse.	0	—	61		—

Soude	3	gr.	19	p. 1000
Silice.	0	—	084	—
Fer.	0	—	02	—

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de hareng vivant. Clupes (Clupeæ).

Acide phosphorique. .	1	gr.	29	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	42	—
Chlore.	0	—	40	—
Chaux.	12	—	71	—
Magnésie.	0	—	12	—
Potasse	0	—	62	—
Soude	3	—	29	—
Fer	0	—	03	—
Silice	0	—	10	—

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de carpe vulgaire vivante (Cyprinus carpio) (Cyprinoïdes).

Acide phosphorique .	1	gr.	36	p. 1000
— sulfurique. . .	0	—	44	—
Chlore	0	—	42	—
Chaux	13	—	41	—
Magnésie	0	—	13	—
Potasse.	0	—	64	—
Soude	3	—	46	—
Silice.	0	—	039	—
Fer.	0	—	039	—

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de brochet vivant (Esox lucius).

Acide phosphorique. .	0	gr.	776	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	29	—
Chlore.	0	—	27	—
Chaux.	8	—	63	—

Magnésie.	0	gr.	09	p. 1000
Potasse	0	—	42	—
Soude	1	—	23	—
Silice	0	—	10	—
Fer	0	—	026	—

SÉLACIENS

Sélaciens, du grec σέλαχος (*cartilagineux*).

La fécondation chez les sélaciens offre cette particularité qu'elle se fait avant la ponte et par intromission directe de l'organe mâle dans l'organe femelle. La torpille appartient à la famille des sélaciens.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de raie vivante (Raia clavata).

Acide phosphorique. .	1	gr.	16	p. 1000
— sulfurique . . .	0	—	38	—
Chlore.	0	—	35	—
Chaux.	11	—	44	—
Magnésie.	0	—	11	—
Potasse	0	—	56	—
Soude	2	—	95	—
Silice	0	—	08	—
Fer	0	—	01	—

MALACOPTERYGIENS APODES. — ANGUILLE

Malgré toutes les recherches que l'on a faites, on ne sait pas encore comment l'anguille se reproduit.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme d'anguille vivante.

Acide phosphorique. .	0 gr.	64	p. 1000
— sulfurique . . .	0 —	21	—
Chlore.	0 —	20	—
Chaux.	6 —	29	—
Magnésie	0 —	062	—
Potasse	0 —	31	—
Soude.	1 —	62	—
Silice	0 —	04	—
Fer	0 —	01	—

SALMONES

Les salmones auxquels appartiennent et les éperlans et les truites sont des poissons dont la bouche est le mieux armée; ils sont le plus complètement dentés de tous les poissons. Le saumon est vorace ; quelques espèces exotiques qui se rencontrent dans les rivières du Brésil et de la Guyane s'attaquent à l'homme pendant qu'il se baigne.

Composition minérale moyenne d'un kilogramme de saumon vivant (*Salmo salsar*).

Acide phosphorique . .	0 gr.	86	p. 1000
— sulfurique. . . .	0 —	28	—
Chlore	0 —	27	—
Chaux	8 —	46	—
Magnésie	0 —	09	—
Potasse.	0 —	41	—

Soude	2 gr. 18	p. 1000
Silice.	0 — 06	—
Fer.	0 — 01	—

Nous venons de parcourir à travers les trois règnes qui constituent notre monde, une route assez longue, éclairée tout le long par l'analyse. L'impression qui nous reste de cet intéressant voyage au milieu des terres qui portent la vie des végétaux, des animaux et la nôtre propre, c'est que l'être vivant est constitué comme la terre où il est né et qui le maintient. La chaux est la substance la plus répandue à la surface du globe ; elle forme la plus grande partie des continents; elle forme aussi la plus grande partie de la minéralogie des animaux et de l'homme.

A mesure que nous nous élevons vers l'homme, la matière brute semble se raréfier. Le végétal est plus minéralisé que l'animal ; le poisson est plus minéralisé que l'oiseau ; l'oiseau est plus minéralisé que le mammifère. L'homme occupe une place particulière dans les degrés de la minéralisation animale ; nous tirerons de cette situation, quand le moment sera venu, les conséquences physiologiques, philosophiques et zoologiques nécessaires.

Vous avez, sans doute, été frappés pendant que je faisais passer sous vos yeux les analyses des poissons et des oiseaux, de la grande ressemblance

qui existe entre la minéralisation des poissons et des oiseaux.

Les reptiles, placés dans les classifications zoologiques entre les poissons et les oiseaux, sont moins minéralisés que les oiseaux et les poissons. Sont-ils à leur vraie place ? Ne doit-on pas exiger de toute classification la réunion d'un ensemble de caractères constitutifs qui sont d'une valeur au moins pareille aux caractères adoptés par les naturalistes, ne doit-on pas exiger, dis-je, la réunion d'un ensemble de caractères constitutifs des êtres groupés dans une même classe? Les reptiles qui sont intermédiaires aux poissons et aux oiseaux ne sont point reliés par leur minéralisation ni aux uns ni aux autres; ou ils ne sont pas à leur place ou ils sont destinés à disparaître par la suite, car leur minéralisation ne leur permet pas de suivre l'évolution des êtres auxquels on les a rattachés.

Voilà comment la minéralogie biologique, dont j'ai eu l'honneur d'inaugurer ici l'enseignement il y a trois ans, peut aborder la solution des problèmes les plus élevés des sciences de la nature.

QUINZIÈME LEÇON

CONNMENT DOIT-ON CONSOMMER LES ALIMENTS MINÉRAUX ? COEFFICIENT DE DIGESTIBILITÉ

Messieurs,

Nous avons fini l'étude analytique des minéraux alimentaires et des aliments minéraux d'origine minérale, végétale et animale. Nous devons nous occuper maintenant de leur coefficient de digestibilité, mais, auparavant, il est indispensable que nous établissions quelle est la forme des aliments minéraux la meilleure, pour notre nourriture; quelle est la forme la meilleure, parmi celles qui se présentent à nous, de consommer la matière minérale lorsque nous sommes déminéralisés, que notre déminéralisation provienne de l'insuffisance de matière minérale dans notre alimentation ou de perte de matière minérale par maladie chez l'homme et chez la femme, en général, ou plus particulièrement par suite de grossesse chez la femme.

Il est encore admis comme une vérité démontrée aujourd'hui, par les physiologistes, que la matière

minérale est toujours suffisante dans nos aliments, que nous prenons toujours suffisamment de matière minérale pour notre nourriture.

Je ne saurais m'élever avec trop de vigueur contre cette manière de voir, contre cet *axiome* faux dans son principe et désespérément pernicieux dans ses conséquences. Peu d'humains, à notre époque, pour des causes diverses, sont suffisamment minéralisés; peu d'animaux sont incapables de retenir de la matière minérale, peu d'animaux sont saturés de matière minérale.

L'erreur vient de ce que l'on a pris l'habitude de ne considérer que l'*azote* dans les aliments; je pourrais dire, et certainement avec autant de raison, que nos aliments sont toujours suffisamment riches en *azote*, que seule la matière minérale est insuffisante soit par sa qualité, soit par sa quantité.

Quand on voudra bien commencer, ce qui est de toute logique, à quelque point de vue que l'on se place, l'étude des sciences biologiques par son vrai commencement, par l'étude du minéral, l'on s'apercevra bien vite que les épanouissements de la vie sont à la merci du minéral, parce que l'azote comestible ne peut exister sans le minéral; la preuve en a été cent fois donnée, et je ne m'explique pas l'aveuglement des physiologistes qui, tout en considérant la matière minérale comme indispensable à

la nutrition, à la vie, continuent à n'envisager dans la nutrition que les effets d'un corps relativement inerte et dont toute l'utilité réside dans ses transformations par d'autres corps aux affinités plus avivées, au lieu de s'attaquer franchement à la cause des causes de la nutrition, à la minéralisation; c'est difficile, évidemment; tous les chemins ne sont pas encore ouverts, mais la physiologie gagnera en clarté à les ouvrir et les physiologistes y gagneront en pur esprit scientifique.

La définition que je vous ai précédemment donnée et du minéral alimentaire et de l'aliment minéral, va nous permettre de prendre parti entre ceux qui veulent que le minéral alimentaire soit consommé à l'état d'aliment minéral et ceux qui sont convaincus que peu importe la forme du minéral alimentaire pourvu qu'il soit aliment, espérant, sans doute, et ils n'ont pas tout à fait tort, qu'il deviendra aliment minéral. Supposons le cas le plus fréquent : l'homme manque d'acide phosphorique, de chaux, de phosphate de chaux. Ceci est une pure et dangereuse hypothèse ; je dois vous mettre en garde contre la simplicité des phénomènes nutritifs chez un être aussi compliqué que l'homme. Il existe des dominantes de déminéralisation, et, si la minéralisation normale se compose de l'association de plusieurs minéraux, la

déminéralisation est faite également de la perte simultanée de plusieurs éléments minéraux. Croire donc que l'on répare un individu déphosphatisé en lui fournissant exclusivemeut des phosphates est une erreur: il n'y a pas de corps dans la nature capable de nourrir, seul, un homme; il n'y a pas de minéral alimentaire, il n'y a pas d'aliment minéral capable de nourrir, seul, un être vivant; il n'y a point d'aliment minéral complet. Prenez, séparément, tous les aliments minéraux que vous offrent le règne minéral, le règne végétal et le règne animal, vous périrez d'inanition; pour être complet, un aliment minéral doit être composé, en des proportions déterminées, de tous les minéraux qui entrent dans la constitution de l'individu que l'on veut alimenter.

Si je prends donc, comme exemple, le cas de la déphosphatisation à réparer par l'usage du phosphate de chaux, je n'entends pas dire que la déphosphatisation est un cas simple de la déminéralisation à laquelle peut remédier l'usage exclusif du phosphate de chaux : sous le bénéfice de ces réserves, revenons à notre hypothèse, c'est-à-dire à l'homme qui, pour des raisons quelconques a perdu son phosphate de chaux.

Allons-nous réparer la perte des phosphates de calcium en ajoutant à la nourriture ordinaire des

phosphates calciques que la science du chimiste, du pharmacien, imitant en cela l'exemple des agronomes qui mélangent directement au sol, et qui s'en trouvent très bien, les phosphates que leur fournit l'industrie ? Allons-nous, en un mot, ajouter le phosphate de chaux sous forme de minéral alimentaire simplement aux aliments ordinaires, ou bien devons-nous faire ingérer le phosphate de calcium sous forme d'aliment minéral en utilisant les aliments minéraux riches en phosphate de chaux combiné à d'autres sels, combiné à la matière organique ?

« Pour que les phosphates de chaux, dit le professeur A. Sanson (*Zootechnie*, t. I, p. 221), puissent contribuer à la formation des ostéoplastes, il faut nécessairement qu'ils aient d'abord passé par l'organisme des végétaux ou qu'ils aient subi les modifications qui les amènent à l'état où ils se trouvent dans le lait.

« La condition la plus favorable est celle par laquelle l'acide phosphorique, à l'état de phosphate de potasse, comme il se trouve dans les graines céréales, légumineuses ou oléagineuses, est mis en présence des sels de chaux contenus dans les tiges végétales fourragères et dans les eaux des boissons. Les réactions qui se produisent alors dans le milieu intérieur du sang et dont la théorie

a été faite par Marcet, déterminent en présence des éléments du tissu osseux la formation d'ostéoplastes nouveaux. »... « C'est pourquoi lorsque nous voulons, en zootechnie, hâter le développement du squelette pour fabriquer (c'est le mot) des animaux précoces, atteignant leur état d'adulte et leur plus fort poids en même temps, ce n'est point aux préparations pharmaceutiques que nous avons recours pour augmenter, dans leur ration alimentaire, la proportion des éléments du phosphate de chaux nécessaire, l'expérience nous ayant démontré que ce serait en vain. Nous demandons le surcroît d'acide phosphorique assimilable d'abord à un allaitement plus abondant et de meilleure qualité, puis aux jeunes pousses des graminées des prairies, puis enfin à l'addition dans la ration alimentaire, d'une quantité suffisante de semences de céréales, légumineuses ou oléagineuses. » Chez les animaux à culture intensive, fait remarquable, le squelette diminue de volume et augmente de densité ; leurs os acquièrent des qualités de l'ivoire et sont, pour cette raison, très recherchés par certaines industries. Le fémur d'un animal à culture intensive a une densité de 1,34 et contient 67,7 de matière minérale ; le fémur d'un même animal ordinaire a une densité de 1,27 et contient 61,4 de matière minérale. L. Dusart, qui avait entrevu

le rôle prépondérant de la matière minérale dans la nutrition et les fâcheuses conséquences de la déminéralisation qu'il avait justement appelée l'*inanition minérale* (*De l'inanition minérale dans les maladies*, Paris, 1874), répond à Sanson dans le journal (*la Tribune médicale*, p. 608, 1874) : « Il est certain que cette nourriture sera reçue avec plaisir par ces jeunes élèves et que ces animaux théoriques ainsi gorgés au budget de l'État rendront aux contribuables qui en font les frais des côtelettes qui ne dépasseront pas 10 francs la pièce ; mais comment faire comprendre à l'agriculteur pour qui l'élevage du bétail est déjà bien peu lucratif qu'il ne mangera pas son blé en herbe, en faisant manger son herbe en bourgeons ? » La réponse est spirituelle sinon péremptoire. A notre avis, Sanson a raison et Dusart n'a pas tort. Sanson pensait aux moutons, aux bœufs Durham ; Dusart pensait à l'homme ; ce n'est pas que je veuille dire que la nutrition n'est pas une, mais elle s'opère par des moyens différents ; les appareils dans lesquels se prépare la nourriture sont différents chez l'homme et chez les ruminants.

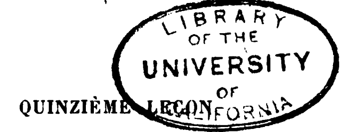
Je suis d'avis que l'on doit ingérer le phosphate de chaux, quand l'analyse nous a démontré qu'il était nécessaire, sous forme d'aliment minéral, c'est-à-dire en combinaison naturelle vivifiée, mais

l'aliment minéral a un grand inconvénient, c'est son volume.

Rappelez-vous la quantité de phosphate de chaux que contiennent les différents aliments minéraux que nous avons analysés et jugez par là du volume considérable de ces aliments qu'il faudrait absorber pour réparer les pertes quotidiennes; rappelez-vous, ensuite, ce que je vous disais tout à l'heure, qu'il n'existe pas un seul aliment minéral complet, et que, par conséquent, il sera nécessaire d'augmenter encore le volume des aliments, conditions déplorables pour un estomac affaibli, je veux dire dont la sécrétion digestive sera insuffisante en quantité et en qualité, pour un estomac de petite capacité. La solubilité des phosphates souffrira du mauvais état de l'estomac et conséquemment le coefficient osmotique des phosphates calciques sera diminué, presque nul dans certaines circonstances; que, de préférence, nous fassions des aliments minéraux riches en phosphate de calcium la base de l'alimentation de notre déminéralisé, rien de mieux, mais ce serait se tromper, je pense, que de vouloir tenter la reminéralisation à l'aide des aliments minéraux phosphatés, exclusivement. Nous serons donc obligés d'ajouter aux aliments ordinaires une certaine quantité de phosphate calcique pharmaceutique pour avoir un moindre volume

d'aliments, pour avoir des phosphates tout préparés pour l'osmose. La forme sous laquelle sera absorbé le phosphate de chaux, l'aliment minéral, en général, variera selon les cas particuliers ; d'abord un aliment minéral ne devra jamais être ingéré seul, il serait insuffisant ; ensuite, il faudra avoir égard au volume de l'aliment ; et, enfin, il sera indispensable de s'enquérir de l'état de la sécrétion gastrique, de la teneur en chlorures du milieu intérieur à l'aide de l'analyse de la sécrétion urinaire, car il pourra vous arriver que l'état des voies digestives soit tel que nulle double décomposition chimique ne s'effectue dans leur milieu et alors vous serez obligé de jeter vos phosphates, par la voie hypodermique, directement dans le torrent circulatoire. Vous voyez que pour l'alimentation ordinaire, chez l'homme sain, normal, les aliments minéraux vivifiés seront préférables ; pour les déminéralisés vous devrez ajouter aux aliments minéraux, le minéral alimentaire directement emprunté au règne minéral ; dans les cas de grande faiblesse, vous devrez abandonner les voies ordinaires d'absorption et injecter le minéral alimentaire ou l'aliment minéral, en solution, dans les voies d'absorption périphérique.

On doit donc consommer les aliments minéraux sous des formes différentes selon les cas et selon



les besoins, mais en ne perdant pas de vue que pour l'homme sain, la forme de l'aliment minéral tel que nous l'offrent le règne végétal ou le règne animal, c'est-à-dire la forme d'aliment minéral vivifié est la meilleure.

Relation nutritive de minéralisation. — Nous venons de voir que l'alimentation minérale, la première des alimentations pour l'homme, comme pour l'animal, comme pour le végétal, devait se composer de la réunion de plusieurs aliments minéraux, aucun aliment minéral n'étant assez complet dans la nature; la réunion des aliments minéraux nécessaires à la nourriture de l'homme s'appelle *ration minérale ;* le rapport des aliments minéraux entre eux dans la ration minérale s'appelle la *relation nutritive de minéralisation*. La relation nutritive de minéralisation doit varier avec l'âge, à l'état normal. Ainsi l'enfant aura besoin d'une quantité de chaux plus grande que l'adulte ; l'adulte aura besoin d'une quantité de magnésie plus grande que le vieillard.

Si nous représentons, par exemple, la matière minérale totale par M T et la chaux par son symbole CaO, nous aurons pour l'enfant jusqu'à l'âge adulte $\frac{CaO}{MT} = \frac{0,45}{1}$; pour l'âge mûr nous aurons, la quantité M T restant la même, ce qui ne peut pas

être, $\frac{CaO}{MT} = \frac{0,235}{1}$; mais M T diminue aussi à mesure que l'âge augmente, de sorte que la relation établie par l'expérience devient la suivante $\frac{CaO}{MT} = \frac{0,12}{0,15}$, c'est-à-dire que M T tombe de 5 p. 100 et CaO de 25 p. 100.

L'équivalence de nutrition des aliments minéraux n'existe pas, pour cette raison bien simple qu'il n'existe pas deux aliments minéraux ayant la même composition chimique ; si, d'un côté vous avez la chaux en quantité égale, vous trouverez d'un autre côté l'acide phosphorique ou tout autre élément en moins.

Cent grammes de pomme de terre contiennent :

Acide phosphorique	0 gr. 16
Chaux	0 — 032
Magnésie	0 — 05

Cent grammes d'artichaut contiennent :

Acide phosphorique	0 gr. 40
Chaux	0 — 098
Magnésie	0 — 042

Si nous voulons chercher à faire l'équivalence entre ces deux aliments minéraux, nous serons obligés d'absorber 300 grammes de pomme de terre contre 100 grammes d'artichaut pour avoir la même quantité de chaux ; mais 300 grammes de pomme de terre nous donneront 0 gr. 48

d'acide phosphorique contre 0 gr. 40 que nous donnera l'artichaut; d'un autre côté, nous serons obligés d'absorber 110 grammes d'artichaut pour avoir la quantité de magnésie que nous fourniront 100 grammes de pomme de terre; vous voyez la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, de l'équivalence de nutrition des aliments minéraux.

Nous devrons établir la relation minérale de manière à respecter la relation nutritive de minéralisation en prenant chaque aliment minéral pour sa valeur propre.

Les aliments minéraux ne sont pas tous également digestibles; la digestibilité de la matière minérale dépend et de ses propres qualités et des qualités du milieu digestif.

Chaque aliment minéral a son coefficient de digestibilité variable, dans la courbe, de zéro à l'unité. La relation nutritive minérale joue un rôle considérable dans la digestibilité des aliments minéraux. Vous vous expliquez très bien que si la quantité de sels insolubles dépasse de beaucoup la quantité de sels solubles; que si les sels insolubles ne se trouvent point dans un milieu qui les puisse dissoudre, ou bien, si dissous ils peuvent être précipités, vous vous expliquez très bien, dis-je, que le coefficient de digestibilité de la ration minérale alimentaire tombe fort bas.

Le coefficient de digestibilité d'un aliment minéral se déduit de la différence du poids de l'aliment minéral ingéré du poids des minéraux retrouvés dans les fèces. Il y a dans cette manière de calculer une cause d'erreur que je dois vous signaler de suite ; cette erreur provient de la sécrétion propre du tube digestif.

En comparant les *ingesta* avec les *excreta* intestinaux, il est facile de voir que l'absorption prend, avec les matières assimilables des aliments, une grande partie des substances que les sécrétions ont versées dans le tube digestif. La bile, par exemple, ne laisse dans les excréments, d'après Liebig, qu'un dixième de ses éléments chez le cheval ; un cinquantième à un soixante-quinzième chez l'homme.

Il est clair que sans ces rentrées de produits enlevés au sang, l'élaboration des aliments coûterait trop à l'économie et l'épuiserait. En effet, d'après Bidder et Schmidt, un homme du poids de 62 kilogrammes (Lehmann, *Chimie animale*, p. 342) donne en vingt-quatre heures :

Salive	1.600 gr.,	dont : extrait.	15 gr.
Suc gastrique . .	6.400 —	—	192 —
Bile	1.600 —	—	80 —
Suc pancréatique.	200 —	—	20 —
Suc intestinal . .	200 —	—	03 —

En tout 10 kilogrammes chargés de 310 grammes

de matières sèches. Comme, d'après les calculs des auteurs que je viens de citer, un homme du poids de 62 kilogrammes renferme 42 kilogrammes d'eau et 20 kilogrammes de solides, le quart de sa partie aqueuse serait versé quotidiennement dans l'intestin, puis réintroduit dans la circulation. Chaque kilogramme du poids du corps donnerait 209 grammes de produits de sécrétion, dont 203 grammes d'eau, 3 gr. 80 de substances organiques et 2 gr. 20 de matières minérales (G. Colin, *Physiologie comparée des animaux*, t. I, p. 842). Il ne faut pas confondre le coefficient de digestibilité avec le coefficient de nutrition ; en effet, de ce que l'on ne retrouve pas dans les fèces les aliments minéraux ingérés, il ne s'ensuit pas que les éléments minéraux qui les composent aient servi la nutrition ; ils peuvent avoir traversé l'organisme avec indifférence et l'organisme s'en débarrasse par les voies urinaires principalement.

Le poids de la matière minérale ingérée par jour et par kilogramme de poids vif est, pour l'homme, de 0 gr. 49 ; le poids de la matière minérale rendue par l'intestin est, par vingt-quatre heures et par kilogramme de poids vif, pour l'homme, de 0 gr. 27. Le coefficient de digestibilité de la matière minérale totale ingérée sera donc, pour l'homme, de 55, c'est-à-dire que 55 p. 100 de la

matière minérale ingérée ont été absorbés. Chez les enfants nourris au sein, le coefficient de la matière minérale = 60.

Ration minérale alimentaire moyenne, journalière de l'homme, par kilogramme de poids vif.

Acide phosphorique.	0 gr. 0683
— sulfurique	0 — 0065
Chlore.	0 — 159
Chaux	0 — 023
Magnésie.	0 — 0159
Potasse	0 — 0785
Soude	0 — 1434
Fer	0 — 001228

Matière minérale moyenne, journalière éliminée par les fèces de l'homme, par kilogramme de poids vif.

Acide phosphorique.	0 gr. 033
— sulfurique	0 — 002
Chlore	0 — 0778
Chaux	0 — 0168
Magnésie.	0 — 00933
Potasse.	0 — 0627
Soude	0 — 0702
Fer	0 — 0012

D'où l'on peut tirer les coefficients de digestibilité suivants :

Acide phosphorique	48
— sulfurique.	31
Chlore	49
Chaux.	73

Magnésie	58
Potasse	79
Soude.	49
Fer.	97

Nous devons nous demander à quelles lois obéissent ces coefficients de digestibilité, les considérant comme exacts, et nous vous dirons tout à l'heure pourquoi ils ne peuvent pas être l'expression de la vérité.

Le poids atomique, la chaleur spécifique, le poids moléculaire des combinaisons interviennent-ils dans la facture de ces coefficients de digestibilité qui nous montrent la chaux insoluble avec un coefficient de digestibilité beaucoup plus élevé que celui de la soude soluble ? Le poids moléculaire de l'acide phosphorique = 111 ; le poids moléculaire de l'acide sulfurique = 80. Le rapport de 31, coefficient de digestibilité de l'acide sulfurique à 48, coefficient de digestibilité de l'acide phosphorique 64.58 et le rapport de 80 poids moléculaire de l'acide sulfurique à 111 poids moléculaire de l'acide phosphorique sera 72 ; le poids atomique du phosphore est 31 et le poids atomique du soufre est 32 ; la chaleur spécifique du phosphore est 0,202 et la chaleur spécifique du soufre 0,1764 ; ces nombres résultant d'expériences précises, ne nous enseignent rien touchant la différence des coeffi-

cients de digestibilité de l'acide phosphorique et de l'acide sulfurique ; peut-être est-ce parce que nous examinons ainsi l'acide phosphorique et l'acide sulfurique isolés, sans force par conséquent, tandis que si nous considérions l'acide phosphorique en combinaison saline de même que l'acide sulfurique, si de plus nous les considérions l'un et l'autre au moment où ils se dégagent d'une combinaison pour entrer dans une autre, peut-être apprendrions-nous pourquoi nous absorbons 48 p. 100 de l'acide phosphorique ingéré alors que nous n'absorbons que 31 p. 100 de l'acide sulfurique ingéré. En effet, les lois de la thermo-chimie veulent que les corps dont la formation dégage le plus de chaleur, se forment de préférence à tous les autres ; or, les phosphates dégagent plus de chaleur pendant leur formation que les sulfates ; à la même température ambiante, le phosphate de calcium tribasique dégage pendant sa formation 460,6 calories et le sulfate de chaux 160 calories ; théoriquement le coefficient de digestibilité des sulfates devrait être plus grand que le coefficient de digestibilité des phosphates ; il n'en est rien.

Dans la suite de ces leçons nous aurons à examiner très attentivement le potentiel de digestibilité des aliments minéraux dans leurs rapports

avec les lois de la thermo-chimie, et nous pourrons voir alors comment interviennent les divers états de la matière organisée comme source d'énergie étrangère pour modifier les actions chimiques respectives des éléments minéraux alimentaires entre eux.

Je vous disais, il y a un instant, que les coefficients de digestibilité ne pouvaient pas être exacts, déduits simplement du rapport des aliments minéraux ingérés et des minéraux déchargés par l'intestin. Je prendrai comme preuve indiscutable d'erreur dans la détermination des coefficients de digestibilité de la matière minérale, le fer ou ses préparations.

Le fer des fèces se compose du fer qui n'a pas été absorbé et du fer qui a été absorbé, utilisé par la nutrition, et enfin rejeté, car l'élimination du fer se fait principalement par l'intestin. Il est vrai que si l'on retrouve dans la décharge intestinale 97 p. 100 du fer ingéré, 3 p. 100 restent qui sont éliminés par les différentes sécrétions et excrétions ou qui sont momentanément retenus dans les tissus, la rate, le foie notamment. Toute la question est de savoir si nous pouvons considérer les 97 p. 100 de fer éliminés, sur la totalité du fer ingéré, comme représentant l'excès de fer ingéré sur le fer utilisé dans l'unité de temps, qui sera

vingt-quatre heures par exemple, ou bien si, la nutrition étant un cercle ininterrompu, nous devrons considérer les 97 p. 100 de fer éliminés comme faits de fractions de fer antérieurement absorbé. Dans la première hypothèse, il est hors de doute que le fer fécal représente exactement l'excédent de fer introduit sur le fer utilisé ; dans la seconde hypothèse, le coefficient de digestibilité est erroné, parce que tout le fer s'éliminant par l'intestin, nous voyons bien ce qu'il en a été retenu, mais nous ne pouvons pas dire que la différence trouvée entre le fer ingéré et le fer fécal représente la quantité de fer digéré, car, et j'y reviens pour y insister, il ne faut point confondre le coefficient de digestibilité avec le coefficient de nutrition. Je pourrais faire la même critique à propos de tous les coefficients de digestibilité avec plus ou moins de raison toutefois, selon qu'il s'agirait, par exemple, des herbivores ou des carnivores.

Les herbivores éliminent certainement une partie de leurs phosphates par les urines, mais ils en éliminent la plus grande partie par les fèces ; à l'encontre de l'homme, le coefficient de digestibilité des sulfates semble plus élevé chez le cheval que le coefficient de digestibilité des phosphates. Comment voulez-vous alors établir, chez le cheval, le coefficient de digestibilité des phosphates ? Vous

tomberez dans les mêmes embarras que pour le fer. Comment distinguer les phosphates d'excrétion des phosphates de sécrétion ? Lorsqu'on voudra se rendre un compte aussi exact que possible du coefficient de digestibilité d'un aliment minéral, ce qui revient à dire, pour le plus grand nombre, de la valeur nutritive, l'on devra pousser plus loin les moyens d'investigation, l'analyse, et faire la statique, établir le bilan d'entrée, d'utilisation et de sortie, en comparant toute la somme des sorties à la quantité entrée. Cependant, en ce qui concerne l'excrétion des phosphates par l'intestin, chez les herbivores, je me contenterai pour aujourd'hui de faire des réserves, me promettant d'étudier cette question avec vous un peu plus tard. Il est certain que Boussingault se trompait quand il disait que les herbivores n'éliminaient point leurs phosphates par les urines ; il se trompait bien plus encore, peut-être, quand il disait que les herbivores éliminaient leurs phosphates par l'intestin. En effet, l'acide phosphorique combiné, éliminé par les fèces, pourrait être de l'acide phosphorique qui n'a pas été absorbé, de l'acide phosphorique d'excrétion. Les herbivores seraient satisfaits de la quantité d'acide phosphorique représenté par l'élimination urinaire, les carbonates tenant lieu des phosphates, chez eux. En résumé, la recherche

des coefficients de digestibilité des aliments minéraux est compliquée par tant de causes d'erreur que mieux vaut les remplacer par des coefficients dits *coefficients de nutrition* qui sont faits de résultantes qui peuvent se peser.

SEIZIÈME LEÇON

MINÉRALISATION DE L'HOMME

Messieurs,

On peut considérer un homme du poids de 68 kilogrammes comme formé de :

Eau	44 kil. 66
Matières organiques	21 — 30
Matière minérale	2 — 04

Avant de rechercher comment la matière minérale pénètre le corps de l'homme, il m'a paru bon de vous renseigner sur la minéralisation de l'homme.

Un kilogramme d'homme vivant contient 30 gr. 96 de matière minérale.

Un kilogramme de bœuf vivant contient 49 gr. 072 de matière minérale.

Un kilogramme de mouton vivant contient 32 gr. 11 de matière minérale.

Un kilogramme de porc vivant contient 24 gr. 21 de matière minérale.

Un kilogramme d'oiseau vivant contient 14 gr. 17 de matière minérale.

Un kilogramme de poisson vivant contient 16 grammes de matière minérale.

Un kilogramme de blé contient 17 gr. 55 de matière minérale.

Voilà des types de minéralisation en regard de la minéralisation de l'homme.

Un bœuf du poids de 600 kilogrammes se compose de :

Eau	360 kg.	
Matière organique.	210 —	600
— minérale	29 —	400

Le corps du bœuf contient moins d'eau que le corps de l'homme ; l'hydrolyse sera, comme je vous l'ai déjà enseigné, moins active chez le bœuf que chez l'homme et l'activité vitale moins énergique.

Les générations humaines qui peuplent en ce moment notre pays portent l'immense fardeau (en ramenant le poids de chacun à 45 kilogrammes), de 51.300.000.000 grammes de terre, soit 51.300.000 kilogrammes ou 5.130.000 tonnes. Cette terre vivante peut supporter un effort de travail quotidien, en tenant pour exacts les nombres de Coulomb, de 1.390.800.000.000 kilogrammètres, et d'après Bernouillé, l'effort pourrait s'élever à 10.450.000.000.000 kilogrammètres. Le kilogrammètre est, vous le savez, la mesure qui représente le travail néces-

saire pour élever le poids d'un kilogramme à la hauteur d'un mètre.

Etendez maintenant par la pensée les 5.130.000 tonnes de terre qui se trouvent dans le corps des Français, sur une épaisseur de 30 centimètres, épaisseur suffisante pour un sol arable et vous verrez un champ dont la surface mesurera approximativement 500 hectares. Notre champ d'expérience est assez vaste pour que nous n'ayons rien à envier aux plus riches domaines de culture, et de plus, nos terres sont généralement fertiles. Notre champ d'expérience s'élargit à l'infini si nous faisons rentrer en notre possession tout ce qui vit et qui nous appartient de droit. Plusieurs générations de savants restitueront au sol leur propre terre avant d'avoir épuisé l'inépuisable sujet de la minéralogie biologique.

La minéralisation d'un homme vivant du poids moyen de 68 kilogrammes est de 2 kg. 105; cette minéralisation peut supporter un effort de travail qui oscille entre 96.000 et 275.000 kilogrammètres par jour.

La minéralisation d'un bœuf vivant du poids moyen de 600 kilogrammes est de 29 kg. 400; la minéralisation du bœuf peut supporter, d'après Wolff, un effort de travail quotidien qui s'élève à 1.352.156 kilogrammètres. *L'ascension de la puis-*

sance du travail suit-elle le mouvement de la minéralisation? L'aptitude au travail est de 45 kilogrammètres 60 par gramme de matière minérale chez l'homme; cette même aptitude est de 46 kilogrammètres 23 par gramme de matière minérale chez le bœuf.

Si nous prenons le kilogramme de poids vif de l'homme et du bœuf ou mieux le poids de la matière minérale par kilogramme de poids vif, nous constatons également que l'*ascension de la matière minérale suit l'aptitude au travail.* Ainsi un kilogramme de poids vif de bœuf donnera un travail correspondant à 2.253 kilogrammètres et 1 kilogramme de poids vif de l'homme donnera un travail correspondant à une moyenne de 1.420 kilogrammètres et qui pourra monter jusqu'à 4.444 kilogrammètres, mais un million 352.156 kilogrammètres ne sont pas non plus, loin s'en faut, le dernier effet de l'effort du bœuf; or, un kilogramme de poids vif de l'homme contient 30 gr. 96 de matière minérale et 1 kilogramme de poids vif de bœuf en contient 49 grammes. A poids égal, l'homme est donc plus faible que le bœuf, symbole de la force dans l'antiquité.

Un fait se dégage de ce qui précède : vous pourrez, par la connaissance de la matière minérale d'un animal, déduire l'aptitude au travail de cet

animal et infirmer par là ou corroborer les observations basées sur d'autres moyens d'investigation.

La matière minérale se répartit, chez l'homme, de la manière suivante, l'intestin étant pris à l'état de vacuité, la vésicule biliaire et la vessie étant pleines :

Peau	50 gr. 67
Muscles	310 — 30
Squelette	1.327 — 30
Cerveau	5 — 80
Cervelet	0 — 58
Bulbe	0 — 027
Moelle épinière	0 — 15
Glandes parotides	0 — 58
— sous-maxillaires	0 — 16
— sub-linguales	0 — 062
Corps thyroïde	0 — 283
Poumon	12 — 76
Cœur	2 — 92
Sang	51 — 00
Foie	20 — 35
Bile	0 — 44
Rate	2 — 85
Reins	2 — 24
Capsules surrénales	0 — 066
Estomac	2 — 68
Intestins	9 — 41
Pancréas	0 — 78
Vessie	0 — 216
Urine	2 — 82
Testicules	0 — 412
Annexes de la peau et divers	318 — 89

Composition minérale moyenne d'un kilogramme d'homme vivant.

Acide phosphorique .	10 gr. 49	p. 1000
Chlore	2 — 13	—
Chaux.	14 —	—
Magnésie	2 — 93	—
Potasse	0 — 066	—
Soude.	1 — 24	—
Fer.	0 — 0045	—
Silice	0 — 026	—
Manganèse.	0 — 00162	—

Nous n'avons pas dosé les sulfates parce que le soufre qui fournit la plus grande partie de l'acide sulfurique des corps vivants, provient des matières protéiques; les causes d'erreur déjà possibles pour les autres éléments, à cause du petit nombre d'analyses augmenteraient encore pour le dosage des sulfates.

Les analyses de la nature de celles qui précèdent ne présenteraient aucun intérêt si on ne les comparait pas aux analyses, au plus grand nombre possible d'analyses, des animaux; en effet, quel enseignement pourrions-nous recevoir de l'analyse de l'homme pris isolément, soit que nous le considérions comme le couronnement du règne animal, soit que nous le considérions comme le premier des animaux. Plus nous multiplierons les analyses, plus nous serrerons de près les résultats, et mon

rêve serait de pouvoir analyser au moins un des représentants de toutes les séries zoologiques, mais jusqu'ici les moyens de travail m'ont manqué; plus nous multiplierons les analyses, mieux nous pourrons juger de la valeur des êtres, de leurs besoins en général, mieux nous apprécierons l'homme, l'homme dont la connaissance a été de tous les temps, par des moyens divers, le but des efforts de l'esprit humain.

L'analyse du bœuf considérée en elle-même n'offre point d'autre intérêt que celui qui s'attache pour le laboureur ou l'éleveur à la minéralisation nécessaire au travail et à l'entretien du bœuf; mais si nous comparons les éléments minéraux constitutifs du bœuf et de l'homme, de l'homme et des autres animaux, tout aussitôt l'horizon de notre esprit s'éloigne et nous pénétrons, dans une certaine mesure, le pourquoi des causes secondes.

La minéralisation totale de l'homme n'atteint que 61 p. 100 de la minéralisation totale du bœuf; de ce fait, ne nous le dissimulons pas, l'homme est inférieur au bœuf, au point de vue végétatif; ici encore, la minéralogie biologique vient ajouter, par des procédés scientifiques, à l'observation ordinaire; il est de science vulgaire que le bœuf se développe plus rapidement que l'homme, que plus minéralisé, il est plus près du végétal que l'homme.

Rapports des éléments minéraux à la matière minérale totale de l'homme et du bœuf.

MATIÈRE MINÉRALE TOTALE				
	HOMME 30gr,96 p. 1000		BŒUF 49gr. p. 1000	
	Homme.	Rapport.	Bœuf.	Rapport.
Acide phosphorique.	10,49	33,85	19,80	40,44
Chlore	2,13	6,87	3,05	6,22
Chaux	14 »	45,21	21,87	44,63
Magnésie.	2,93	9,37	0,77	1,57
Potasse.	0,066	0,216	1,80	3,68
Soude	1,24	4,13	1,50	3 »

Considérons maintenant les éléments principaux de la minéralisation du bœuf et de l'homme, et comparons-les les uns aux autres.

La minéralisation totale du bœuf, nous venons de le voir, est plus riche que celle de l'homme ; l'acide phosphorique total est aussi plus grand chez le bœuf que chez l'homme.

Le chlore est plus élevé chez le bœuf que chez l'homme; le bœuf se souvient mieux de son ancien état thalassique (Bunge[1]) que l'homme.

[1] Bunge a eu un précurseur : Benoît du Maillet a écrit un livre intitulé : *Entretiens sur la diminution de la mer, la formation de la terre, l'origine de l'homme*, etc. (1748). Dans ce livre, l'auteur fait descendre l'homme et tous les autres animaux d'un *poisson*.

Le squelette du bœuf contient plus de chaux que le squelette de l'homme; la chaux entre pour une proportion de 47 p. 100 dans les cendres des os du bœuf et dans la proportion de 45 p. 100 dans les cendres des os de l'homme.

La chaux a chez l'homme une mission plus élevée que chez le bœuf ; en dehors du grand nombre des fermentations qu'elle sert dans le règne végétal et animal, elle suit, chez l'homme, l'activité cérébrale, mais sous ce rapport et quelques autres, l'action de la chaux ne peut nullement se comparer à l'action de la magnésie qui se rencontre chez l'homme vivant dans la proportion de 9,47 de la totalité des cendres, tandis qu'on ne la trouve chez le bœuf que dans la proportion de 1,57 p. 100; c'est ici que s'affirment les qualités toutes spéciales de la magnésie, qualités adéquates aux deux fonctions caractéristiques de l'homme : l'une, affirmée par Descartes dans son fameux : *Cogito, ergo sum ;* l'autre, par la spirituelle baronne de Staël : *l'homme est un animal capable de faire l'amour en tout temps*. L'homme, en effet, n'a point l'amour périodique ; il n'y a que des degrés dans sa vaillance.

Vous me l'avez souvent entendu dire, *le magnésium est le métal de la pensée et de la génération.* Pourquoi? Comment? Je vous l'enseignerai ; rete-

nez, pour aujourd'hui, que le magnésium affectionne le noyau des cellules.

Le bœuf est plus riche de potasse que l'homme; plusieurs causes, sans doute, contribuent à cette richesse : la nature des aliments, la nécessité pour les herbivores d'oxyder des corps résistants ; la potasse rapproche, comme la minéralisation totale, le bœuf du végétal.

La soude entre pour une proportion de 4,13 p. 100 dans la minéralisation totale de l'homme et pour une proportion de 3 p. 100 dans la minéralisation totale du bœuf.

La soude, vous le savez, est la dominante minérale humorale des animaux et de l'homme principalement, alors que la potasse est la dominante minérale des sucs des végétaux. Aussi, que voyons-nous? La potasse et la soude en proportions presque égales, chez les animaux, avec la potasse dominante souvent; chez l'homme, au contraire, la soude domine franchement dans les humeurs; c'est que les animaux sont bien réellement une étape de la vie intermédiaire entre la vie de l'homme et la vie des végétaux; il existe certains poissons chez lesquels la bile ne contient que de la potasse à l'exclusion de la soude.

Les bases alcalines et terreuses réunies, entrent pour 58,90 p. 100 dans la totalité de la minéralisa-

tion chez l'homme et pour 50,89 p. 100 dans la totalité de la minéralisation chez le bœuf.

Indépendamment de l'action propre à chacune de ces bases, dont je viens de vous donner l'esquisse rapide des principales propriétés, elles ont, dans leur ensemble, une action inhérente à leur nature : elles font et maintiennent l'alcalinité relative du milieu intérienr.

Drouin a déterminé, par un procédé qui lui est propre, l'alcalinité du sérum sanguin chez un grand nombre d'êtres vivants. (*Compt. rend.*, t. CXI, p. 828.)

Il résulte de ses expériences que l'alcalinité du sérum de l'homme, calculée en acide sulfurique est égale à : 0 gr. 009.244 ; l'alcalinité du sérum de bœuf est égale à : 0 gr. 13777. Le rapport de l'alcalinité de sérum de l'homme à l'alcalinité du sérum de bœuf est de 6.7; cependant la somme des bases minérales du corps de l'homme est plus grande que la somme des bases du corps du bœuf. La chaux et la magnésie ne sont point les bases minérales dominantes des humeurs qui découlent toutes du sérum. La chaux et la magnésie forment exclusivement la minéralisation des tissus dont, entre autres effets, elles assurent la stabilité. En effet, les tissus, débarrassés, par des lavages prolongés et l'expression, de toute matière étrangère, aban-

donnent exclusivement, par incinération, de l'acide phosporique, de la chaux et de la magnésie. La soude et la potasse sont les dominantes des humeurs, du sérum; or, les bases alcalines sont, chez le bœuf, dans le rapport de 6,73 vis-à-vis de la totalité de la matière minérale et chez l'homme les bases alcalines sont dans le rapport de 4,21 vis-à-vis de la totalité de la matière minérale; le bœuf est un herbivore; l'homme est un omnivore; par ces raisons, peut [s'expliquer la différence d'alcalinité du sérum de l'homme et du bœuf.

Comme le fait remarquer A. Gautier, l'alcalinité du milieu intérieur semble augmenter chez les animaux, ainsi que dans nos laboratoires, l'activité des combustions. Cependant le sérum de la tortue est plus alcalin que le sérum des oiseaux, et, le sérum du lapin est moins alcalin que le sérum de la grenouille; les oiseaux et les lapins déploient certainement plus d'activité que la tortue et la grenouille; leurs combustions à poids égal, paraissent devoir être plus grandes; les uns et les autres font différemment leurs combustions et ce n'est pas un des moindres avantages de la minéralogie biologique que de jeter quelque clarté au milieu de ces apparentes contradictions.

L'alcalinité du milieu intérieur joue certainement un rôle important dans les oxydations, mais les

oxydations produites par l'alcalinité sont de l'ordre des doubles décompositions chimiques que vous connaissez fort bien ; telle est l'oxydation du pyrogallol au contact de la potasse, oxydation que l'on pourrait vraiment ranger près des fermentations oxydantes, tant sont semblables entre eux, et les phénomènes dits de fermentation oxydante, et l'action de la potasse sur le pyrogallol ; la différence qui sépare le potassium du manganèse, c'est que le manganèse, lié à la matière protéique, peut continuer presque indéfiniment l'action oxydante. A côté de ces phénomènes de combustion d'ordre plus particulièrement chimique, il faut placer les oxydations qui appartiennent à la suroxydation des métaux, tels que le calcium, le magnésium, le fer, etc. A propos du fer, Vierordt a constaté que la valeur de l'hémoglobine allait en diminuant de l'homme aux mammifères, des mammifères aux oiseaux, des oiseaux aux reptiles, des reptiles aux amphibies et des amphibies aux poissons. Mais l'hémoglobine en elle-même ne vaut que par la combinaison de sa matière protéique avec son minéral dominant, le fer, le manganèse, le cuivre ; or, le rôle du fer, du manganèse, du cuivre, en combinaison protéique, est de prendre l'oxygène de l'air et de le céder aux tissus, c'est-à-dire que les hémoglobines portent une oxydase.

L'hémoglobine diminue, les globules sont moins nombreux chez la tortue et chez la grenouille que chez les oiseaux et chez le lapin, tandis que la quantité de fer se maintient à un taux moyen, à un taux quelquefois fort élevé par rapport au taux de l'hémoglobine ; la grenouille possède 28 d'hémoglobine pour mille parties de sang et 0,425 de fer pour les 28 parties d'hémoglobine, contre 0,537 et 0,547 de fer que contiennent 126 d'hémoglobine pour mille parties de sang d'homme et de bœuf ; le rapport du fer à l'hémoglobine est de 1,517 chez la grenouille ; de 0,426 chez l'homme et de 0,434 chez le bœuf ; il en résulte que la quantité de fer de l'hémoglobine paraîtrait suppléer au nombre des globules, qui sont volumineux, du reste ; mais, justement, leur petit nombre et leur grand volume les rend moins aptes à absorber les gaz ; le nombre des globules, par conséquent la division du fer, favorise, c'est une loi de physique générale, l'absorption des gaz.

L'alcalinité du sérum de la tortue et de la grenouille augmente le nombre des oxydations, leur intensité ; l'agencement des globules ne permet pas au fer qu'ils retiennent en combinaison trop stable, et dont le poids est trop élevé pour la matière protéique qu'il sature, d'absorber une quantité suffisante d'oxygène et encore moins de dégager l'oxygène absorbé.

Est-ce que l'alcalinité élevée du sérum d'une part, c'est-à-dire l'excès des bases alcalines dans le sérum, la masse de fer des globules sanguins d'autre part, ne seraient pas un caractère suffisant pour caractériser les animaux à sang froid ? Leur vie, leur nutrition est plus anaérobie que la vie, la nutrition des animaux dits à sang chaud ; ils puisent leur oxygène dans les échanges cellulaires beaucoup plus que dans les fluides ambiants. La masse de leur sang n'est pas en rapport avec leur volume, et si les globules sont riches en fer, la combinaison albumino-ferrique se délie difficilement.

Le sang des reptiles est plus minéralisé que le sang des animaux dits à sang chaud ; les solutions salines y sont plus denses, condition défectueuse pour l'hydrolyse, pour l'activité vitale ; le sang des reptiles contient deux fois plus de chlorures que le sang de l'homme et près de deux tiers de plus que le sang du chien. Un sang dense, très chloruré, c'est, chez l'homme, la *nutrition retardante*, c'est l'*arthritisme ;* la *nutrition retardante* rapproche l'homme des animaux dits à sang froid ; encore un état pathologique représenté, dans la série des êtres, par un état physiologique !

J'ai tracé un tableau, aussi exact que le comportent ces sortes de travaux, de la minéralisation

moyenne du végétal, du poisson, de l'oiseau, de l'herbivore et de l'homme ; tel qu'il est, ce tableau me paraît offrir quelque intérêt.

MATIÈRE MINÉRALE POUR 1 000					
	Végétal	Poisson	Oiseau	Herbivore	Homme
Acide phosphorique.	4,205	2,181	4,85	19,80	10,49
— sulfurique . .	1,695	—	—	—	—
Chlore	1,87	0,338	1,30	3,05	2,13
Chaux	7,014	10,75	5,26	21,87	14 »
Magnésie	2,287	0,105	1,64	0,77	2,93
Potasse.	8,325	0,525	0,355	1,80	0,066
Soude	1,606	2,663	0,43	1,50	1,24
Silice.	6,79	0,0721	0,084	0,20	0,025
Fer.	—	—	—	—	0,045

La potasse, la chaux qui la suit de près, l'acide phosphorique sont les trois dominantes minérales du végétal ; pour le poisson, la chaux et la soude qui est très distancée par la chaux, puis l'acide phosphorique, sont les dominantes minérales ; chez l'oiseau, la chaux, l'acide phosphorique et la magnésie s'affirment comme dominantes minérales ; enfin, chez les herbivores, la chaux et l'acide phosphorique s'élèvent de beaucoup au-dessus du reste de la minéralisation ; enfin, trait singulier, pendant que chez l'homme, la chaux et l'acide phosphorique sont les dominantes minérales comme chez les oiseaux, comme chez les herbivores,

comme chez tous les mammifères, sans doute, la magnésie, qui s'accentuait déjà chez l'oiseau, devient l'une des dominantes minérales de l'homme, après la chaux, après l'acide phosphorique. Du poisson à l'homme vous voyez que la magnésie va en augmentant, et elle atteint chez l'homme un poids qui est hors de proportion avec le poids de la magnésie des animaux en général ; l'homme est le plus intelligent des animaux.

Vous êtes assez avancés en chimie pour comprendre que les humeurs tenant en dissolution des sels différents auront fatalement des propriétés différentes ; que la cellule réagira différemment au contact d'une minéralisation différente ; que la cellule, minéralisée d'une minéralisation particulière, appellera des réactions du milieu ambiant en rapport avec sa propre minéralisation ; et ces réactions intra-cellulaires, et ces réactions du milieu ambiant retentiront, n'en doutez pas, sur les transformations de la matière protéique, toujours vassale de la matière minérale subjuguée, en apparence, par les végétaux, cependant qu'ils lui empruntent leurs éléments de vie.

DIX-SEPTIÈME LEÇON

MINÉRALISATION DE LA PEAU ET DE SES ANNEXES

Messieurs,

La peau présente une surface si considérable, 16 820 centimètres carrés chez l'homme, mesure moyenne de Sappey et de Wilnart ; les fonctions de la peau sont si diverses et si multiples ; ses caractères ont, en zoologie et en anthropologie une telle importance ; ses annexes, ongles et poils, sont marquées par des particularités si spéciales, que l'analyse minérale, brutale, de la peau et de ses annexes des hommes qui nous entourent ne saurait suffire, sans autres détails, pour nous instruire sur ses qualités anatomiques et physiologiques. Cependant nous savons que la couche cornée de l'épiderme est plus riche en silice que les autres couches du tégument externe, parce que nous avons pu isoler, sans trop de difficulté, les épithéliums pavimenteux superficiels de l'épiderme, des couches sous-jacentes.

La plupart des histologistes croient que les cel-

lules lamelleuses de l'épiderme sont dépourvues de noyaux. Retterer a démontré qu'en traitant l'épiderme par la soude ou la potasse diluées, les noyaux des cellules lamelleuses se distinguaient ensuite par les procédés ordinaires de coloration de ces organes. L'analyse minéralogique vient corroborer les expériences de Retterer, car les cellules lamelleuses contiennent de la magnésie, et, je vous l'ai dit, la magnésie affectionne tout particulièrement les noyaux cellulaires tant dans le règne végétal que dans le règne animal.

La peau est une membrane sensible, dense, molle, résistante, élastique, dont l'étendue est plus grande que celle du corps qu'elle recouvre de toutes parts.

A la naissance, la peau est rose chez le blanc; rouge violacé chez le nègre; les enfants de la race jaune portent, en naissant, au-dessus ou sur les fesses, deux taches violettes qui paraissent propres à cette race; ces taches disparaissent pendant les quinze premiers jours de l'existence.

A l'âge adulte, la couleur de la peau varie selon les individus, selon les races, selon les régions du corps, selon les saisons et selon les climats. Les animaux eux-mêmes n'échappent pas à l'influence des saisons et des climats. La couleur de leurs plumes ou de leur poil (Foissac. *Influence des cli-*

mats) varie selon les différents pays. Plusieurs de ces animaux, blancs dans le nord, tels que le renard, le lièvre, le faucon, le merle, le choucas, le corbeau, le pinson, brunissent dans les régions tempérées. Selon Linné, l'hermine, le lièvre, l'écureuil, le renne, changent pendant l'hiver, en blanc ou en gris, leur couleur foncée de l'été. L'ours blanc ne se trouve que dans les régions polaires.

Si la coloration ethnique de la peau a permis aux anthropologistes de diviser les hommes en trois races distinctes, la *race blanche*, la *race jaune* et la *race noire*, les nombreux cas de métissage survenus pendant l'évolution de l'humanité et plus encore de nos jours, les influences des milieux, ont modifié presque jusqu'à l'infini les nuances des couleurs de la peau humaine, de telle sorte que l'on peut passer par gradation, sans heurt, du blanc au noir. Qu'est-ce à dire ? Un seul couple humain est-il sorti des entrailles de la terre ? Un seul couple humain a-t-il été créé, ou bien le créateur a-t-il façonné de sa toute-puissante main plusieurs couples distincts ? L'origine de l'homme est si obscure, en dehors de la foi ; la querelle des monogénistes et des polygénistes est encore si envenimée, que, manquant de faits précis, je n'oserai me prononcer ; mieux vaut, pour le

moment, je crois, nous abriter derrière la philosophie d'Auguste Comte, prendre les choses de la nature telles qu'elles sont; mais un jour viendra, je l'espère, où la minéralogie biologique pourra apporter son contingent de documents pour aider à la solution de ces obscurs problèmes de l'origine de l'homme, problèmes dont la solution est du plus vif intérêt pour nous, curieux avant tout des qualités de l'homme.

L'épaisseur de la peau a de 0,002 à 0,003 millimètres si l'on ne tient pas compte du tissu adipeux sous-dermique, et de un demi-millimètre à 4 millimètres en comprenant la couche adipeuse sous-cutanée dans l'épaisseur de la membrane tégumentaire. La résistance de la peau est considérable ; une bandelette de peau de 2 millimètres de largeur sur 3 millimètres d'épaisseur supporte, sans se rompre, un poids de 2 kilogrammes.

La peau se compose de deux couches, l'une profonde : le *derme ;* l'autre, superficielle : l'*épiderme.* Le derme est constitué par des tissus connectif, élastique, musculaire, lisse et adipeux.

Le tissu connectif est très complexe. L'analyse du tissu connectif peut se faire soit par la méthode de Rollet, soit par la méthode plus pratique de A. Gautier.

Hoppe-Seyler (Beaunis. *Nouveaux éléments de phy-*

siologie humaine) divise le tissu connectif au point de vue de la chimie organique : 1° en tissu *connectif embryonnaire* ou *muqueux*, donnant de la *mucine*. Chez les vertébrés, la mucine ne se rencontre généralement pas, à l'état normal, dans le tissu connectif en dehors de la période embryonnaire ; la mucine est fréquente chez les invertébrés ; la *mucine est toujours accompagnée de chlorures alcalins abondants*. D'après A. Gautier les bactéries de la putréfaction n'attaquent pas la mucine ; 2° *a*) en *tissus collagènes* qui donnent de la *gélatine*. La gélatine fournit, par sa décomposition, de l'*ammoniaque*, de la *leucine*, du *glycocolle*, etc. ; le tissu connectif dermique qui nous occupe ne donne pas de *leucine* en se décomposant. *La gélatine est toujours accompagnée de phosphates terreux*. Les solutions de gélatine dissolvent, du reste, une certaine quantité de phosphate de chaux ; *b*) en tissus *chondrigènes* qui donnent de la *chondrine*. La chondrine apparaît chez les mollusques, elle existe chez tous les vertébrés ; elle se différencie de la gélatine qu'elle précède toujours dans le développement des tissus connectifs, en ce qu'elle ne fournit point de *glycocolle* en se décomposant. Le sulfate de sodium accompagne toujours la chondrine, en sel dominant, à tous les âges de la vie.

Les os de l'embryon ne contiennent pas de subs-

tance collagène proprement dite. Pendant l'état cartilagineux des os, la chondrine est remplacée par la *cartilagéine* qui est *accompagnée de carbonates terreux*, tandis que la chondrine a pour sel dominant le sulfate de soude et l'*osséine* le *phosphate de chaux;* 3° en tissu élastique dont la base est l'*élastine*. L'élastine ne contient pas de soufre; elle produit, par sa décomposition, des acides gras, de la leucine, du glycocolle comme la gélatine.

Voilà quatre substances, la *chondrine*, la *cartilagéine*, l'*osseine* et l'*élastine*, dont la composition organique élémentaire se rapproche considérablement, qui se substituent l'une à l'autre tant à l'état physiologique qu'à l'état pathologique, qui se transforment par hydratation, selon Hofmeister, les unes dans les autres, au point de laisser croire qu'elles ne sont qu'une seule et même substance, la *substance collagène* dont les éléments se groupent différemment; or, ces quatres substances sont complètement différenciées par leurs dominantes minérales. Qui donc solliciterait les groupements divers des éléments atomiques d'une même substance, si ce n'est la matière minérale? La matière organique ne peut pas supporter, sous peine de destruction, les réactions violentes de nos laboratoires, les transformations de la matière organique se font par des actes dits fermentatifs provoqués par les

réactions de la matière minérale au sein de la matière organique. La cartilagéine accompagne les carbonates calcaires au début de l'ossification ; le sulfate de soude accompagne la chondrine; le phosphate de chaux accompagne l'osséine; la mucine se complaît au milieu du chlorure de sodium.

Les muscles lisses du derme ont été décrits pour la première fois par Kölliker; ils sont destinés à redresser les poils; ils produisent le phénomène connu sous le nom de *chair de poule*.

La soude est la dominante minérale du milieu musculaire lisse ; la potasse est la dominante minérale du milieu musculaire strié. Vous vous trouvez encore en présence de deux tissus différenciés, mieux différenciés que les précédents par l'anatomie et la physiologie et dont les dominantes minérales de milieu sont différentes; à l'un, le muscle strié, à sa violente activité convient la potasse plus énergique que la soude, qui convient mieux à la vie plus paisible du muscle lisse.

La graisse sous-cutanée est fusible à une température beaucoup plus basse que la graisse des organes profonds; elle commence à fondre vers 30° C.; elle est formée d'cnviron 77 p. 100 d'oléine.

L'épiderme recouvre le derme; son épaisseur oscille d'après Drosdorff, cité par Testut, entre cinq centièmes de millimètre et un millimètre cin-

quante-six centièmes de millimètre, soit qu'on le mesure au niveau des papilles, soit qu'on le mesure à la pulpe des doigts.

En allant de dehors en dedans l'épiderme se compose de cinq couches : 1° la couche cornée ; 2° la couche transparente ; 3° la couche granuleuse ; 4° la couche de Malpighi ; 5° la couche basilaire.

« ..... Toutes les cellules de l'épiderme sont originellement identiques, et, les formes variées qu'elles revêtent successivement au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de leur lieu d'origine, correspondent chacune à un état particulier de leur évolution. Les cellules de la couche basilaire ou génératrice, manifestement allongées dans le sens vertical, prennent la forme sphéroïdale en passant dans le corps muqueux de Malpighi. Puis elles s'aplatissent peu à peu, particulièrement à la surface de la peau, pour constituer les deux ou trois assises du *stratum granulosum*. Elles s'aplatissent encore dans le *stratum lucidum*, et ne sont plus, dans la couche cornée que de simples lamelles dures et fort minces. Enfin, les plus superficielles de ces lamelles (couche desquamante de Renaut), impropres désormais à des fonctions animales, se détachent de l'épiderme, et, comme les éléments morts tombent dans le milieu extérieur ; c'est la desquamation physiologique. Les cellules constitutives

de l'épiderme évoluent donc sans cesse, et, dans chaque couche elles sont remplacées au fur et à mesure qu'elles vieillissent par des cellules plus jeunes, lesquelles revêtent peu à peu leurs caractères, et, à leur tour passent dans les couches plus superficielles pour faire place à d'autres. » (Testut. *Traité d'anatomie humaine,* p. 817.)

En même temps que se modifient et la morphologie et les fonctions des cellules de la couche épidermique, se modifie aussi leur minéralisation. On trouve moins de silice dans la peau dont on a enlevé la couche des lamelles épithéliales que dans la peau encore recouverte des épithéliums lamelleux cutanés.

Après cet exposé sommaire de la constitution anatomique de la peau et de sa minéralisation, nous allons continuer l'étude de la peau, en l'examinant de dehors en dedans et de la périphérie vers le centre.

Aux extrémités les plus éloignées du centre du corps, nous voyons que les doigts sont recouverts à leurs terminaisons, sur leurs faces dorsales, de lames d'apparence cornée, ayant généralement la forme hémicylindrique ou quadrilatère; ces lames d'apparence cornée sont les ongles. Les ongles sont des productions épidermiques. L'épaisseur de l'ongle qui est de 384 millièmes de millimètre

chez l'homme et de 346 millièmes de millimètre chez la femme (Esbach), va en diminuant de l'extrémité libre vers la racine et de l'axe vers les bords; la face convexe de l'ongle est rosée; le bord libre est blanc grisâtre.

L'ongle est-il un instrument de défense ou un instrument de protection? Faut-il le considérer comme analogue aux griffes des carnivores, arme d'attaque autant que de défense, arme dont la faiblesse chez l'homme serait le résultat d'une vie devenue plus facile, de l'usage d'armes plus meurtrières fabriquées par son génie pour défendre sa personne et abattre les proies nécessaires à son alimentation? La forme des ongles, non plus que la forme des dents, ne nous autorise à faire de l'homme un carnassier attaquant sa proie avec les seules ressources de ses forces, secondées par de puissants moyens d'attaque naturels tels qu'auraient pu être les ongles. En considérant les anthropomorphes, d'une part, un grand nombre d'animaux que la paléontologie nous représente comme sensiblement pareils aux animaux qui vivent autour de nous, d'autre part, nous n'apercevons pas dans les ongles des anthropoïdes, dans les sabots des solipèdes, dans la corne qui protège le pied bifide du chameau, dans les pieds multiples de l'éléphant, des instruments d'attaque, tout au plus y voyons-nous des

instruments de défense. Il est vrai de dire qu'en descendant des anthropoïdes vers les races inférieures des singes, l'ongle devient plus nettement cylindrique; il est plus long, mais il conserve toujours une faible épaisseur et reste lamelleux.

L'ongle immobile de l'homme, fortement adhérent par sa face inférieure ou concave, recouvrant toute l'extrémité de la face dorsale de la troisième phalange, ne paraît pas pouvoir être comparé à la griffe rétractile du félin. Que l'ongle se soit modifié chez l'homme à mesure que se perfectionnait le sens du tact, c'est possible; mais le sabot, mais l'ongle sont ce qu'ils ont toujours été, des instruments de protection des extrémités.

Les ongles ne sont pas des poils accolés, ainsi qu'on le croyait jusqu'à Cruveilhier qui considéra les ongles comme des produits épidermiques mais sans analogie avec les poils, vue que nous confirmera, d'ailleurs, l'analyse comparée des ongles et des poils.

Composition minérale moyenne des ongles de l'homme (substance fraîche).

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique.	7 gr. 936
— sulfurique	25 — 36
Chlore	4 — 18
Chaux	18 — 55
Magnésie.	5 — 00

Potasse	10 gr. 24
Soude	6 — 90
Fer	1 — 84
Silice	19 — 00

Les poils sont des productions épidermiques filamenteuses, plus ou moins flexibles qui recouvrent la peau; ils sont plus denses et plus développés sur certaines parties de la surface cutanée que sur d'autres; les poils qui recouvrent la tête sont désignés sous le nom de *cheveux;* ceux qui poussent à la figure sont appelés *barbe*. On peut diviser les poils en deux catégories bien distinctes : les poils ordinaires, organes de protection et les poils tactiles, organes du toucher.

Les cheveux commencent à pousser vers la fin du troisième mois de la vie intra-utérine.

Le poil comprend deux parties : une partie cachée dans le derme, enclose dans le follicule : la racine; une partie libre : la tige. La tige du poil se termine en pointe dans sa partie libre. Le poil présente son plus grand diamètre en son milieu, et, sa surface de section va en diminuant, de son milieu, vers son extrémité libre et vers sa racine.

Les cheveux peuvent acquérir une longueur considérable, particulièrement chez la race jaune et chez la femme, en général. Aristote a prétendu que les femmes ne perdaient point leurs cheveux

parce qu'elles ne perdaient pas de semence. Cette explication est aussi vraie que toutes celles que l'on a données jusqu'à présent de la chute plus fréquente des cheveux chez l'homme que chez la femme.

La grosseur des cheveux varie selon les sujets et selon les races, mais elle est toujours plus grande chez l'adulte que chez l'enfant et chez le vieillard.

Les cheveux sont plus abondants chez les blonds que chez les bruns; ils sont plus abondants chez les bruns que chez les noirs — 182 cheveux sur une surface de 3 centimètres carrés chez le blond — 162 chez le brun — 147 chez le noir (Withoff).

De tous temps les anthropologistes se sont intéressés à la forme et à la couleur des cheveux. La couleur des cheveux est très variable. Topinard divise les cheveux, d'après leur couleur, en : *noir absolu; brun foncé; châtain clair; blond; roux; jaunâtre; rougeâtre; cendré très clair*. L'appréciation des nuances des couleurs varie avec l'organe visuel de chacun; les caractères ethniques tirés de la couleur des cheveux sont incertains, dit-on; *la couleur des cheveux correspond à une minéralisation déterminée et sur cette minéralisation, moins incertaine que le sens de la vue, nous pourrons établir des caractères distinctifs de races humaines*.

La forme des cheveux, la structure de la tige

peuvent servir, selon Pruner-Bey, à caractériser les races humaines. Un grand nombre de naturalistes et d'anthropologistes ont divisé les races humaines, d'après la forme de leur chevelure, en deux groupes principaux; les races à cheveux lisses et les races à cheveux frisés. Les cheveux lisses sont rectilignes et forment crinière comme chez certains Peaux-rouges signalés par Pruner-Bey. Les cheveux frisés comprennent les cheveux ondulés, bouclés et crépus.

Pourquoi les cheveux frisent-ils? A. Sanson prétend que, chez le mouton, les tours de spire de la laine sont produits par une série de rétrécissements et de renflements en rapport avec les qualités de l'alimentation.

Kölliker pense que les cheveux frisent parce qu'ils sont plats; ils s'enroulent sur une de leurs faces. Pruner-Bey a constaté, en effet, que le rapport du petit diamètre du cheveu à son grand diamètre était plus élevé pour les cheveux lisses que pour les cheveux plats. Duclert (*Journal de l'anatomie et physiologie, 1888*), reprenant l'hypothèse de Nathisius, croit que, chez le mouton, l'enroulement du brin de laine tient à la forme, à la disposition du follicule pileux; un poil droit sort d'un follicule droit; les poils frisés sortent de follicules disposés en spirale.

Il existe en Asie, en Afrique et en Amérique des races qui n'ont point de barbe. Cette absence de barbe serait le résultat de l'usage de l'épilation pratiquée pendant une longue suite de générations, s'il faut en croire de Quatrefages. Peut-on concevoir une hérédité assez solide, dans les temps historiques, pour qu'elle ne puisse pas être rompue par l'atavisme? Il serait intéressant de savoir si, au milieu de ces races imberbes, il n'apparaît jamais un homme barbu.

Les femmes n'ont point de barbe et les eunuques n'en ont guère plus; cette constatation me semble faire tort à la théorie d'Aristote.

Les poils tactiles occupent principalement la lèvre supérieure; ils manquent chez l'homme; ils constituent ce que l'on appelle la *moustache* chez certains animaux.

Les poils tactiles sont surtout intéressants par l'appareil vasculo-nerveux qui entoure leur follicule; les poils tactiles sont des organes du toucher très sensible.

Composition minérale moyenne des cheveux blonds.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique	4 gr. 31
— sulfurique	20 — 70
Chlore	0 — 02
Chaux	11 — 05

Magnésie	1 gr. 62
Potasse	3 — 70
Soude	14 — 52
Fer métallique	2 — 95
Silice	30 — 71
Manganèse	0 — 03

Composition minérale moyenne des cheveux rouges.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique	4 gr. 61
— sulfurique	12 — 80
Chlore	0 — 56
Chaux	8 — 05
Magnésie	3 — 00
Potasse	3 — 30
Soude	8 — 56
Fer métallique	6 — 76
Manganèse	0 — 045
Silice	42 — 46

Composition minérale moyenne des cheveux noirs.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique	6 gr. 73
— sulfurique	25 — 96
Chlore	2 — 00
Chaux	10 — 89
Magnésie	1 — 40
Potasse	30 — 60
Soude	1 — 75
Fer métallique	5 — 67
Manganèse	caractérisé.
Silice	6 — 61

Composition élémentaire de la matière organique du cheveu (Van Laer) et de la couche épidermique de la peau (Mülder).

	CHEVEU	ÉPIDERME
Carbone	49,8 à 50,65	50,28
Hydrogène.	6,4 à 6,35	6,75
Azote	17,1 à 17,14	17,21
Soufre	4 à 5	0,74
Oxygène.	20,25 à 26,7	25,01

La couleur des cheveux n'est pas un caprice de la nature ; elle est le reflet d'une aptitude minérale particulière de la cellule génératrice, aptitude née de l'hérédité actuelle des générations, servie par une alimentation spéciale.

Les blonds, les rouges, les bruns ont des qualités physiques et conséquemment psychiques toutes spéciales qui les suivent jusque dans le dérangement de leurs facultés mentales. Pinel avait observé que les blonds étaient plus enclins aux rêvasseries et les bruns à la fureur.

La minéralisation des poils dont nous poursuivrons l'étude dans la leçon suivante comparativement avec la minéralisation des ongles, nous oblige de considérer les productions épidermiques telles que les cheveux et les ongles à un point de

vue tout nouveau, c'est-à-dire comme organes actifs et puissants d'excrétion de certains métaux. Le soufre, le fer, le manganèse, le silicium, le calcium, souvent le cuivre, l'arsenic, l'argent, etc., s'éliminent abondamment mais inégalement par les cheveux et par les ongles.

Ne serait-ce pas l'espèce de lavage du sol animal que fait l'acidité du milieu intérieur, chez les arthritiques, qui amènerait la chute précoce de leurs cheveux ?

Les ongles, comme les cheveux, sont des organes bien vivants, participant par des moyens physiques différents à la vie de l'individu qui les porte.

Quand la nutrition souffre, lorsque la vie n'est plus retenue par une minéralisation suffisante, dans les maladies consomptives, par exemple, dans la tubercolose, chez les anthropoïdes comme chez l'homme, les ongles s'incurvent, les cheveux se décolorent. Les cheveux, chez l'homme sain, sont moins colorés à leurs extrémités qu'à leurs bases ; chez les malades, ils se décolorent par la base ; cette décoloration provient, soit de l'abondance de la sécrétion des glandes sudoripares qui détournent à leur profit les éléments minéralisateurs de la peau, soit de l'appauvrissement du liquide nourricier, du sang ; je ne fais, ici, aucune

allusion aux maladies propres des poils. L'incurvation des ongles, pendant la comsomption, reconnaît pour cause la déminéralisation. On a cherché à expliquer par des hypothèses plus ou moins plausibles la forme des ongles hippocratiques, telles que l'amaigrissement des tissus qui recouvrent le sommet de la phalangette ; il est certain que l'ongle étant une lame flexible, le défaut de soutien peut l'entraîner à se courber, mais l'ongle est assez rigide pour ne point s'incurver s'il ne souffrait point de la déminéralisation, du défaut de chaux, notamment.

Composition minérale moyenne des cheveux tout venants (substance fraiche).

Acide phosphorique. .	1	gr.	05	p. 1 000
— sulfurique . . .	3	—	36	—
Chlore.	0	—	11	—
Chaux.	2	—	15	—
Magnésie.	0	—	36	—
Potasse	1	—	62	—
Soude	1	—	46	—
Fer métallique	0	—	90	—
Manganèse.	0	—	019	—
Silice	3	—	90	—
Cuivre.	caractérisé.			

Faut-il retenir un instant votre regard sur les tableaux de la minéralisation des cheveux, tels que nous les avons tirés, en partie, des analyses de

Baudrimont, tels que nous les ont donnés nos analyses personnelles, pour vous convaincre des différences de minéralisation qui caractérisent les cheveux noirs, les cheveux rouges, les cheveux blonds et les cheveux blancs, pour vous convaincre que Brow, Kölliker, Erdl, Hensenger, Pruner-Bey, ont eu raison d'appuyer sur la coloration et la structure des cheveux les caractères distinctifs, ethniques, des races humaines?

Il existe dans les cheveux, en proportions variables, selon la couleur des cheveux, autrement dit selon les races, des métaux qui peuvent servir, d'une manière plus précise que l'appréciation toujours discutable de la couleur, à caractériser les diverses races humaines. Ces métaux sont le *silicium*, le *potassium* et le *sodium;* un métal électro-positif et deux métaux électro-négatifs. Il y a 80 p. 100 de silicium de plus dans les cheveux blonds que dans les cheveux noirs; il y a 89 p. 100 de potassium de plus dans les cheveux noirs que dans les cheveux blonds; il y a 84 p. 100 de plus de sodium dans les cheveux blonds que dans les cheveux noirs.

Aucuns des autres corps qui entrent dans la minéralisation des cheveux ne s'y rencontrent en pareille disproportion entre eux. Le *silicium*, le *potassium* et le *sodium* sont bien apparemment des dominantes minérales de races.

Je crois donc pouvoir, dès à présent, apporter à l'anthropologie la part des faits établis par la minéralogie biologique, et, corroborant la division des races humaines basée par de savants anthropologues sur la couleur des cheveux, diviser à mon tour, les races humaines en races riches en silice et en soude, permettez-moi ces néologismes, en races *alcali-siliciées* ou simplement *siliciées*, ou races blondes, et en races riches en potasse, en races *potassiques* ou races noires.

DIX-HUITIÈME LEÇON

MINÉRALISATION DE LA PEAU ET DE SES ANNEXES
(*Suite.*)

Messieurs,

J'ai osé, à la fin de la dernière leçon, m'aventurer jusqu'à proposer une classification des hommes basée sur ce fait d'observation que les poils, les cheveux, ont une puissante attraction pour un certain nombre de métaux qu'ils éliminent de l'organisme.

Parmi les métaux constitutifs, éliminés en abondance, nous trouvons le silicium, le potassium, et le sodium.

Pourquoi me suis-je arrêté à ces trois métaux plutôt qu'à des métaux plus rares, le fer, le manganèse, par exemple? Je vous l'expliquerai tout à l'heure.

Je n'ai pas la prétention de cataloguer tous les hommes, tous les spécimens de l'humanité. J'ai divisé les hommes en siliciés et potassiques, selon

la couleur de leurs cheveux ; les potassiques sont tous, sans exception, des hommes à chevelure noire dans laquelle le potassium est abondant ; les siliciés sont des hommes dont la couleur va du rouge au blond en passant par toutes les gammes de coloris qui les séparent. Plus la potasse sera abondante dans une chevelure donnée, plus l'homme qui la porte se rapprochera du type noir ; plus la silice sera abondante dans une chevelure donnée, plus l'homme qui la porte se rapprochera du type blond ardent.

Que devient, en regard de cette classification, la question d'espèce, la question de variété, la question de race ?

Nous avons constaté dans le courant des leçons de cette année que chaque espèce, chaque variété, chaque race d'animaux ou de végétaux avait des aptitudes particulières pour une minéralisation déterminée et que l'isomorphisme n'existait pas en physiologie.

La minéralisation des êtres, en général, est faite des mêmes éléments minéraux. Du moment que vous pouvez ajouter aux métalloïdes composant la matière organique azotée, du phosphore, du calcium, du magnésium, du potassium et du chlore, vous réunirez les matériaux nécessaires à la possibilité de toute vie ; mais la vie parfaite, l'harmonie

de la vie, seront occasionnées par la plus ou moins grande abondance des éléments minéraux et principalement par le rapport qui les liera entre eux dans leur participation à la vie. En sus des métaux que je viens de vous nommer, la vie normale, la vie épanouie, demande encore des métaux plus rares ; tels sont : le manganèse, le fer, l'iode, le cuivre, etc., pour n'en citer que quelques-uns parmi ceux que nous connaissons le mieux.

L'absence du phosphore, du chlore, du calcium, du magnésium, du potassium, du sodium, rendra toute vie impossible ; la rareté de l'iode, du fer, du manganèse, du cuivre, etc., nuancera la vie chez les êtres d'une même famille. Ainsi comprise, et je le dis bien haut, en tenant compte de toutes les autres influences ambiantes, la question de l'origine de l'homme se simplifie. Cette origine tient par tous ses éléments au reste des êtres vivants ; tous les êtres de la création ont été pétris avec la même pâte, mais ils sont sortis de moules différents. En nous plaçant exclusivement sur le terrain de la minéralogie biologique, en ne considérant que le caractère ethnique de la couleur des cheveux tel que nous le montre la chimie, nous sommes donc conduits à n'admettre qu'une *espèce humaine*, l'*espèce humaine*, que des *variétés* de cette espèce, mais non des races. Afin que vous ne puissiez pas vous mé-

prendre sur la signification des mots *espèce*, *variété*, *race*, permettez-moi de préciser mes expressions.

Les diverses étapes de la vie marquées par la géologie ; la constitution minérale semblable de tous les êtres vivants ; les connaissances de l'embryogénie elle-même, ne nous paraissent pas un obstacle suffisant pour rejeter l'idée d'une espèce humaine unique. Les arguments de l'embryogénie sont apparemment paralysés par les aptitudes minérales des protoplasmes des cellules génératrices. La plantule du grain de blé, la plantule de la châtaigne présentent le même aspect ; le début de leur développement est pareil, mais le rapport de participation des éléments minéraux de la vie du blé et du châtaignier n'est pas le même, aussi, n'a-t-on pas encore vu un grain de blé devenir châtaigne, ou réciproquement, une châtaigne devenir grain de blé.

L'espèce, du latin *species*, *apparence*, est formée d'un groupe d'individus ayant une même apparence et capables de se reproduire, jouissant d'aptitudes minérales propres.

La race, mot dont l'origine est aussi obscure que les significations qu'on lui a données, serait, d'après de Quatrefages, une variété de l'espèce dont les caractères deviendraient héréditaires. « La race, dit de Quatrefages, a pour point de départ une variété

primitive dont les caractères sont devenus héréditaires. Toute race se rattache donc à une espèce, comme la branche ou le rameau se rattachent au tronc qui les porte, et, réciproquement, l'espèce comprend toutes les variétés et les races issues du type primitif, comme l'arbre comprend avec le tronc toutes les branches, rameaux et ramuscules qui en émanent médiatement et immédiatement. »

Plusieurs auteurs ont confondu le mot *race* avec le mot *espèce;* d'autres ont employé le mot race pour désigner les divisions de l'espèce, nous venons de le voir. J'aime mieux m'en tenir, pour la clarté de notre sujet, et aussi, je le suppose, pour le service de la vérité, aux expressions *espèce* et *variété*. Il ne m'en coûte pas, d'ailleurs, d'accepter le mot race dans l'acception que lui donne de Quatrefages; cependant, à considérer les choses de près, nous voyons beaucoup plus de variétés que de races dans l'espèce humaine.

A quel moment et pour quelle cause les siliciés et les potassiques se sont-ils différenciés? Nul ne peut le dire ; mais je ne crois pas qu'il soit bon de considérer l'homme dans la nature, de haut en bas ; sans rien préjuger des origines de l'homme, il est certain que trop de liens l'attachent au reste de la création pour que l'on puisse l'en isoler ; si

nous voulons connaître l'homme il faut commencer par l'étudier sur les derniers degrés de l'échelle des êtres animés.

On a attribué la couleur des cheveux à deux substances organiques différentes ; à la *mélanine* et à une autre matière colorante qui se rapprocherait de l'*hématine;* l'une et l'autre de ces deux substances sont à base de fer et l'on a même cru et dit que les cheveux noirs devaient leur coloration au sulfure de fer ; or, les cheveux noirs contiennent moins de fer que les cheveux rouges ; il est vrai qu'ils sont plus riches en soufre.

L'hématine est une matière colorante à base de fer ; c'est constant ; quant à la mélanine (A. Gautier, *loco citato*, p. 199), appelée *polymathorhusine* par Nencki, elle contiendrait aussi du fer.

Analyse organique de la mélanine des cheveux (Mörner).

Carbone	55,76
Hydrogène	5,95
Azote	12,27
Soufre	9,01
Fer	0,20

Hirschfeld, Lieber et Nencki n'ont pas trouvé de fer dans la mélanine. De fait, les cheveux riches en mélanine contiennent moins de fer que les cheveux pauvres de cette matière colorante.

Les cheveux rouges fournissent 6 gr. 76 de fer, tandis que les cheveux noirs n'en donnent que 5 gr. 67 p. 100 de cendres. Il est donc probable que le fer n'est pas le métal colorant des cheveux ; il est bon d'ajouter, cependant, en faveur de l'action colorante du sulfure de fer que les cheveux noirs contiennent plus d'acide sulfurique, partant plus de soufre, comme je vous le faisais remarquer tout à l'heure, que les cheveux d'autres nuances.

Les cheveux noirs sont plus minéralisés que les cheveux blonds ou rouges ; en outre, signe de race, selon la signification que nous avons attribuée à ce mot, leur minéralisation est différemment composée ; leur richesse en chaux, en chlore, en acide sulfurique, phosphorique, en potasse surtout, semble indiquer une vie végétative plus active, expression d'oxydations et de réductions plus intenses.

Les cheveux sont très minéralisés ; ils contiennent, en moyenne, 15 gr. 14 de cendres par kilogramme. Comme les cheveux poussent sans cesse, que souvent on les coupe chez l'homme, que chaque jour il en tombe plus de 10 centigrammes chez la femme, il y a là un moyen d'élimination important de fer, de manganèse, d'autres métaux ; j'ai trouvé dans un échantillon de cheveux des

traces d'argent. Les cheveux sont des organes de protection, sans doute, mais aussi des organes d'élimination ; ils sont des organes d'élimination, car, produits épidermiques, ils tombent sans discontinuité.

L'arsenic, comme tous les métaux abiodynamiques, ce qui n'empêche pas l'élimination des métaux biodynamiques, èst éliminé par les cheveux ; à telle enseigne que S. Schiff (*Wien Klin. Wochenschr.*, n° 22, 1898) appelle l'attention des médecins légistes sur la recherche de l'arsenic dans les poils et les cheveux.

Les cheveux de toutes couleurs contiennent une oxydase ; cette oxydase est plus abondante dans les cheveux rouges et blonds que dans les cheveux noirs.

Les nombres élevés parlent beaucoup plus à l'esprit que les maigres détails d'une analyse.

Admettons qu'il y ait en France 14 millions de femmes adultes ; chaque femme possède une chevelure du poids moyen de 300 grammes, soit, au total, 4 200 000 kilogrammes de cheveux représentant 55 000 986 kilogrammes de matière minérale ; le fer moyen étant de 49,16 p. 100 de cendres, le fer métallique des cheveux des femmes de notre pays représente une masse du poids de 2 385 kilogrammes.

Nous pourrions extraire 1 kg. 119 de manganèse métallique et 4478 kilogrammes de soufre de la chevelure des Françaises. Ce n'est pas tout. Une femme perd, en moyenne, 10 centigrammes de cheveux par jour; il tombe ainsi 1 400 kilogrammes de cheveux par vingt-quatre heures ou 511 000 kilogrammes de cheveux par an qui restituent à la terre 7 000 kilogrammes de matière minérale. Avec ces données, il vous sera facile de calculer la durée d'une chevelure; les cheveux se renouvellent en totalité tous les huit ans et une fraction d'année.

Composition minérale moyenne des cheveux de toutes couleurs, appartenant à l'âge moyen de l'homme, ramassés chez différents coiffeurs et débarrassés de leurs impuretés.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique . . .	6 gr. 26
— sulfurique.	28 — 64
Chlore	1 — 01
Chaux	14 — 86
Magnésie	4 — 40
Potasse.	7 — 02
Soude	4 — 73
Fer	3 — 58
Manganèse	0 — 0375
Silice.	25 — 00
Cuivre	caractérisé.

On peut considérer l'analyse précédente comme représentant la moyenne de la minéralisation des

cheveux chez les habitants de Paris et probablement chez le commun des hommes sous notre latitude, car les habitants de Paris sont fort mélangés d'origine.

Les cheveux ou les poils sont, nous l'avons déjà dit sur la foi des anatomistes, des produits épidermiques; ils ne possèdent ni vaisseaux, ni nerfs propres; cette absence de vaisseaux et de nerfs propres dans le poil, rend, à notre avis, fort difficile l'explication des changements subits de couleur des cheveux sous l'influence d'une émotion vive. Si, encore, la décoloration d'origine psychique allait franchement du noir ou autres couleurs au *blanc*, peut-être pourrions-nous risquer une interprétation physiologique de ce singulier phénomène; mais d'aucuns prétendent, Rayer entre autres, si j'ai bonne mémoire, que de noirs, de châtains ou de blonds, les cheveux peuvent devenir subitement *blond hardi*, pour me servir d'une expression courante sous la Régence; nous dirions rouges, aujourd'hui. S'il est vrai que des goûts et des couleurs il ne faille point discuter, je n'en pense pas moins qu'il y a là une erreur dite de *daltonisme*. Cependant nous ne devons rien nier, moins encore ce que nous ne sommes pas capables de nous expliquer, que ce que nous comprenons.

Quoi qu'il en soit, les observateurs sont assez

nombreux qui ont observé des changements subits de la couleur des cheveux, passant de leur teinte naturelle au blanc, sous l'influence d'une émotion morale intense. J'ai connu pour ma part, un honorable pharmacien de Paris, habitant le quartier de la Glacière, dont les cheveux devinrent subitement blancs au moment où les troupes de Versailles, rentrées victorieuses à Paris, le collaient au mur pour le fusiller; il était victime d'une dénonciation calommieuse. C'est en ces temps troublés que l'on voit souvent l'innocent payer du prix de sa vie le crime du coupable, tant sont habiles les méchants à se décharger sur autrui des méfaits qu'ils ont commis. Souhaitons pour le bien de notre patrie que nos enfants ne voient jamais les horreurs de la guerre civile; qu'il leur soit épargné de porter un jugement sur l'histoire de pareils moments.

Je viens de céder au souvenir ineffaçable des angoisses d'un long siège et des cruelles péripéties qui le suivirent; vous m'en excusez, j'imagine, et je reviens aux cheveux blancs.

Nous pourrions, sans doute, en nous appuyant sur les admirables recherches de Dutrochet et de Graham, faire intervenir dans les phénomènes de la décoloration subite des cheveux, l'osmose, réglée chez les êtres sensibles, par le système ner-

veux ganglionnaire, mais nous ajouterions des hypothèses à d'autres hypothèses ; je me contente de vous signaler le fait, sans chercher autrement à l'interpréter.

Les cheveux blancs présentent une série de particularités qui en font une curiosité naturelle.

Les cheveux blanchissent pour cause de maladie propre ; c'est la *canitie* pathologique, d'origine parasitaire. Les cheveux tombent à la suite de maladies *toxémiques* et repoussent blancs ; c'est encore une canitie pathologique due à une *toxinémie,* à une intoxication par les produits microbiens appelés toxines. Je ne saurais aborder l'étude de pareilles causes de la décoloration des cheveux.

Les cheveux, les poils blanchissent par suite de l'âge ; pourquoi blanchissent-ils ? Si le fer, comme on l'a dit, si le sulfure de fer était le fond de la matière colorante du cheveu, nous devrions trouver moins de fer et moins de soufre dans le cheveu blanc que dans le cheveu noir, par exemple. Or, tout au contraire, nous trouvons 5 gr. 67 de fer dans 100 grammes de cendres de cheveux noirs et 5 gr. 87 de fer dans 100 grammes de cheveux blancs. Les cheveux blancs contiennent 23 p. 100 de soufre de moins que les cheveux noirs ; serait-ce à cette chute d'un quart de soufre que les cheveux

blancs, plus riches en fer que les cheveux noirs devraient leur décoloration? Tout au plus pourrait-on admettre de ce chef une décoloration partielle, une nuance de décoloration qui serait le gris; mais avec 77 p. 100, comparativement, d'acide sulfurique en présence d'un excès de fer, il est impossible de comprendre la décoloration totale.

Composition minérale moyenne des cheveux blancs.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique . . .	9 gr. 19
— sulfurique.	19 — 82
Chlore	0 — 02
Chaux	20 — 83
Magnésie.	2 — 42
Potasse.	0 — 62
Soude	9 — 66
Fer métallique	5 — 87
Manganèse	0 — 0475
Silice.	12 — 31

Passons aux autres éléments de minéralisation du cheveu blanc. Nous trouvons 9,19 d'acide phosphorique contre 6,73 dans le cheveu noir et 4,31 dans le cheveu blond; nous trouvons 20,83 de chaux dans le cheveu blanc contre 10,89 dans le cheveu noir et 11,05 dans le cheveu blond ; nous trouvons 2,42 de magnésie contre 1,40 dans le cheveu noir et 1,62 dans le cheveu blond; il n'y a

presque plus de potasse dans le cheveu blanc, mais la soude y est venue dans la proportion de 81 p. 100 par rapport à la potasse. Quant à la silice elle a augmenté du double dans le cheveu blanc par rapport au cheveu noir; la silice est de 6,6 dans le cheveu noir; elle est de 12,31 dans le cheveu blanc.

Je fais mes comparaisons du cheveu noir au cheveu blanc parce que leurs caractères sont plus tranchés, parce que je ne partage pas l'opinion de ceux qui prétendent que les cheveux blonds blanchissent plutôt que les cheveux noirs, ce qui d'ailleurs serait une anomalie au point de vue de la minéralogie biologique; j'ai vu, au contraire, que les noirs, je ne dis pas les nègres, je ne dis pas les noirs absolus de Topinard, j'ai vu que les noirs et les bruns blanchissaient plus vite que les blonds, toutes conditions égales, d'ailleurs.

Vous savez que le cheveu, privé de vaisseaux sanguins et de nerfs, vit comme les plantes; il puise dans le bulbe les éléments de son existence comme les radicelles et les racines du végétal puisent leur alimentation dans le sol.

Il existe certains arbres dont les feuilles sont toujours vertes; il existe aussi certains hommes dont les cheveux ne blanchissent jamais.

Pour prendre un exemple parmi les végétaux à

feuillage toujours vert, les aiguilles des conifères contiennent en abondance, d'après Bourquelot, le ferment qui les décolore à mesure qu'elles tombent; j'ai moi-même constaté le fait; de même, j'ai eu occasion de rechercher le ferment décolorant dans les cheveux encore noirs d'une femme de 78 ans, il y était abondant; ce sont là exceptions plus apparentes que réelles dont l'étude m'entraînerait trop loin et m'écarterait de mon sujet.

Loin de moi la pensée de vouloir comparer la feuille, organe important de l'organisme végétal, au poil animal qui n'a point, en apparence du moins, de vie propre, mais lorsque la feuille dont la mission est de préparer les matières ternaires au moyen de l'acide carbonique de l'air, a terminé sa tâche, lorsque la plante a mûri ses fruits, la feuille, comme le cheveu, devient un puissant organe d'élimination minérale pour la plante et la chute de la feuille restitue au sol une grande partie de la matière minérale qui a servi, par réductions photogéniques et autres à engendrer la matière organique.

Parmi les cendres des feuilles de différents arbres forestiers, je vais prendre, comme exemple, les feuilles du châtaignier analysées en mai, septembre et octobre.

Éléments minéraux dans 100 *parties de cendres de feuilles du châtaignier.* (*Fliche et Grandeau; Ann. de chimie et de physique*, t. VIII, 5e série, p. 500.)

CHATAIGNIER	ACIDE phosphorique.	ACIDE sulfurique.	CHAUX	MAGNÉSIE	POTASSE	SOUDE	SESQUIOXYDE de fer.	SESQUIOXYDE de manganèse.	SILICE
1er mai. .	19,31	4,98	18,41	9,16	31,65	2,39	0,50	11,84	1,59
16 sept. .	9,22	2,42	39,06	7,11	16,95	5,31	1,33	16,64	1,95
12 octob.	8,35	2,75	49,50	6,90	10,52	2,59	2,17	12,52	4,67

Nous allons mettre en regard de ce tableau, la composition minérale des cheveux noirs et des cheveux blancs.

Éléments minéraux dans 100 *parties de cendres de cheveux noirs et de cheveux blancs.*

CHEVEUX	ACIDE phosphorique.	ACIDE sulfurique.	CHAUX	MAGNÉSIE	POTASSE	SOUDE	FER	MANGANÈSE	SILICE
Noirs. .	6,73	25,96	10,89	1,40	30,60	1,75	5,67	0,03	6,61
Blancs	9,19	19,82	20,83	2,42	0,62	9,66	5,87	0,0475	12,31

Dans les jeunes feuilles, dans les cheveux noirs, l'acide sulfurique et la potasse sont de beaucoup plus abondants que dans les feuilles sèches, que dans les cheveux blancs; l'acide phosphorique diminue dans les feuilles sèches et il augmente dans les cheveux blancs. Cette apparente contradiction vient de ce que, dans les feuilles sèches, l'acide phosphorique est remplacé par l'acide carbonique ; le phosphate de chaux est remplacé par du carbonate de chaux ; dans les cheveux blancs, l'acide phosphorique augmente, mais les phosphates chez l'homme remplacent les carbonates chez les végétaux ; d'où l'excès d'acide phosphorique des cheveux blancs.

Suivez bien, sur les deux tableaux, la marche de la matière minérale, en allant de la feuille verte à la feuille sèche, des cheveux noirs aux cheveux blancs. Comme la feuille sèche, le cheveu blanc contient moins d'acide sulfurique, plus de chaux, moins de potasse, plus de soude, plus de fer, plus de manganèse, plus de silice. Les feuilles sèches contiennent moins de magnésie que les feuilles vertes, tandis que les cheveux blancs contiennent plus de magnésie que les cheveux noirs, mais il ne faut pas oublier que l'homme travaille la magnésie plus activement que l'animal et le végétal.

Le manganèse est la base du plus grand nombre,

sinon de tous les ferments oxydants, et partout où il se trouve, il oxyde la matière organique.

Pourquoi la chaux, la soude, le fer, le manganèse s'accumulent-ils dans les feuilles à l'automne des saisons; pourquoi s'accumulent-ils dans les cheveux blancs, à l'automne de la vie ? D'abord le manganèse est bien réellement la cause de la décoloration des feuilles, car c'est à mesure qu'il s'accumule dans ces organes que ceux-ci se décolorent ; nous savons que si les champignons ne contiennent pas de matière colorante verte, c'est parce qu'ils sont riches en oxydases. Il en est de même pour les cheveux blancs de la vieillesse; à mesure que le manganèse se fixe dans les cheveux, les cheveux blanchissent graduellement.

Les sels solubles disparaissent des feuilles des arbres et des poils des animaux pendant leur vieillesse et ils sont remplacés par des sels insolubles; les sels à base de potasse sont remplacés par des sels à base de soude. Il semble qu'une loi générale de vie et de destruction préside à cette distribution des sels touchant les couleurs; à ce besoin, pour les végétaux et pour les animaux, de se débarrasser, une fois l'âge de la fructification passé, des agents puissants d'oxydation, de rénovation et de stabilité, tels que le manganèse, le fer, la potasse, la chaux et la magnésie ; le fer et le manganèse, agents d'ac-

tivité dans le globule sanguin ; le manganèse, agent d'activité dans les sécrétions ; la soude, milieu chimique au sein duquel se passent les réactions intimes de la nutrition. Bunge a constaté que la soude augmentait dans les tissus des animaux, de l'état embryonnaire à l'état adulte ; nous pouvons ajouter de l'état adulte à la vieillesse. J'espère pouvoir vous démontrer, un jour prochain, que la soude augmente dans les séries zoologiques en allant de l'homme vers les formes qui l'ont précédé dans la nature ; chez les espèces les plus vieilles, chez celles qui paraissent destinées à disparaître pour des raisons d'ordre cosmique, peut-être, mais qui nous sont inconnues. La chaux, base de la stabilité des tissus, base des hydrastases ; la magnésie, incitante de la reproduction, sont repoussées hors de l'organisme avec le fer et le manganèse, base des oxydases, par la chute et la croissance des produits épidermiques ; la potasse n'est plus absorbée et la diminution du soufre témoigne d'un ralentissement de la transformation des substances protéiques.

Les plantes, les animaux et l'homme naissent des mêmes semences, vivent de la même vie, se reproduisent à l'aide des mêmes éléments minéraux et succombent aux mêmes causes de destruction.

DIX-NEUVIÈME LEÇON

MINÉRALISATION DE LA PEAU ET DE SES ANNEXES (*Suite.*)

Messieurs,

La peau, vous le savez, est anatomiquement constituée par différents tissus; je vous ai fait pressentir qu'à chacun de ces tissus correspondait une dominante particulière.

L'analyse minérale de la peau va nous dire si je me suis trompé. Mais avant d'analyser la peau, je voudrais terminer l'étude de ses annexes, des phanères [1] de de Blainville.

J'ai fini l'étude analytique des cheveux dans la dernière leçon ; antérieurement, j'avais commencé l'étude des ongles et remis la discussion de leur analyse à la suite de mes recherches sur les cheveux.

L'ongle présente la même constitution histolo-

[1] De Blainville appelait *phanères* (du grec φανερὸς) les organes *défensifs?* qui font saillie sur la peau.

gique que l'épiderme, sauf la couche granuleuse, couche kératogène de Ranvier. La couche kératogène de Ranvier serait remplacée dans l'étage supérieur de la matrice de l'ongle, par des granulations formant la substance *onychogène* du même auteur. La substance onychogène ne contient pas d'*éléidine* comme la substance kératogène; en outre, elle se colore en brun par le picro-carminate.

Les ongles contiennent 17 gr. 82 de cendres pour mille parties d'ongles des pieds et des mains mélangés en proportions égales.

Les ongles, d'après nos observations se renouvellent tous les six mois environ; le poids moyen des ongles des pieds est de 0 gr. 70 et le poid moyen des ongles des mains est de 0 gr. 20; ces deux nombres multipliés par 20, nous donnent comme poids moyen des ongles des pieds et des mains, 18 grammes.

Tous les six mois, nous perdons par la chute totale des ongles 0 gr. 32 de matière minérale, soit 0 gr. 64 par an. Si nous estimons que la population française se compose de 28 millions d'adultes, nous voyons que cette partie de la population seulement, rend à la terre près de 2 kilogrammes de matière minérale, par an, en coupant ses ongles.

Tableau comparatif de la minéralisation des ongles et des cheveux.

	P. 100 DE CENDRES	
	CHEVEUX	ONGLES
Acide phosphorique . .	6,26	7,93
— sulfurique	30,64	25,36
Chlore	1,01	4,98
Chaux	14,86	18,55
Magnésie	4,40	5 »
Potasse	7,02	10,24
Soude	5,73	6,90
Fer	3,58	1,84
Manganèse.	0,0375	caractérisé.
Silice	26 »	19,10

Les cheveux et les ongles présentent entre eux la plus grande analogie de composition ; le fer et le manganèse sont beaucoup moins abondants dans les ongles que dans les cheveux.

Si l'on compare la minéralisation des ongles et des cheveux on voit, malgré leur grande analogie de composition et d'origine, qu'il s'agit de deux systèmes différents, ayant des *aptitudes minérales différentes* et des *quotients de participation de minéralisation différents.*

L'aptitude pour le chlore est plus grande pour l'ongle, beaucoup plus grande pour l'ongle que pour le cheveu.

Le quotient de participation de minéralisation de

la chaux et de la magnésie est plus élevé pour les ongles que pour les cheveux, car pour le total de matière minérale des ongles, inférieur au total de la minéralisation des cheveux, la chaux, la magnésie sont plus grandes dans les ongles que dans les cheveux. Les ongles ne sont donc pas des cheveux condensés.

Composition minérale moyenne de la peau humaine (substance fraîche).

Acide phosphorique .	$0^{gr}47$ p. 1000	Potasse. . .	$0^{gr}61$ p. 1000
— sulfurique	1 80 —	Soude . . .	1 22 —
Chlore . . .	0 19 —	Fer.	0 011 —
Chaux . . .	0 44 —	Manganèse .	caractérisé
Magnésie . .	0 56 —	Silice. . . .	0 37 —

Comparaison de la composition minérale moyenne des cheveux et de la peau.

	P. 100 DE CENDRES	
	CHEVEUX	PEAU
Acide phosphorique . .	6,26	12,50
— sulfurique. . . .	30,64	30,56
Chlore.	1,01	3,22
Chaux.	14,86	7,466
Magnésie	4,40	9,61
Potasse	7,02	10,23
Soude	5,73	20,53
Fer	3,58	0,20
Manganèse	0,0375	caractérisé.
Cuivre.	caractérisé.	—
Silice	26 »	6,25

L'analyse minérale de la peau correspond-elle à la qualité des tissus qui entrent dans sa constitution ?

Les tissus connectifs sont les tissus les plus abondants du derme ; le tissu collagène est le plus abondant des tissus connectifs. A ce tissu collagène répondent les phosphates terreux, les phosphates de chaux et de magnésie ; mais toute la magnésie ne correspond pas, comme nous le verrons plus loin, au tissu collagène. Aux fibres musculaires lisses, correspond une partie de la soude ; le chlore est combiné à la soude et à la potasse ainsi qu'une partie de l'acide phosphorique. Le fer que contient le derme appartient, sans doute, aux vaisseaux sanguins et au pigment cutané. Quant à la silice, elle constitue la moyenne partie des cendres de l'épiderme, riche en matière minérale ; la silice se trouve de plus en plus abondante dans les lamelles épidermiques en allant de dedans en dehors. La silice se rencontre dans les lamelles épidermiques sous deux états différents, à l'état de silice libre soluble dans les solutions alcalines faibles et à l'état de silice combinée, insoluble, que l'on ne peut extraire des lamelles superficielles de l'épiderme qu'en les détruisant.

Silice dans les lamelles épidermiques superficielles.

POUR CENT DE CENDRES			
Silice dans 100 parties de cendres de lamelles épidermiques avant traitement par les solutions alcalines.	6 p. 100.	Silice dans 100 parties de cendres de lamelles épidermiques après traitement par les solutions alcalines.	1,87 p. 100.

4,13 p. 100 de silice se dissolvent donc dans les solutions alcalines et 1,87 p. 100 restent attachés aux lamelles épidermiques, font partie constituante des lamelles épidermiques.

Une chose me frappe à propos du tissu connectif du derme. Avez-vous remarqué la grande quantité d'acide sulfurique, de soude, de potasse, que fournissent les cheveux, les ongles et la peau elle-même ? Nous trouvons 30 gr. d'acide sulfurique dans les cheveux et dans la peau ; 25 gr. dans les ongles ; or, les tissus collagènes, à proprement parler, fournissent de la *gélatine*, et, comme je l'ai dit plus haut, ils sont accompagnés de phosphate de chaux et non de sulfates alcalins, d'une façon bien nette tout au moins. Le tissu chondrigène qui donne de la chondrine, est, lui, au contraire, toujours associé aux sulfates alcalins. Le tissu con-

nectif de la peau serait donc formé de tissu collagène proprement dit et de tissu chondrigène plus abondant ; telle serait la constitution du tissu connectif dermique, d'après la minéralisation de la peau. Le tissu connectif de la peau ne laisse pas de leucine en se décomposant.

La présence relativement abondante du chlore dans la peau, la grande abondance de l'acide sulfurique par rapport à l'acide phosphorique nous laissent dans la quasi-certitude que le tissu connectif de la peau est en grande partie constitué par une substance autre que la gélatine du tissu collagène proprement dit ; peut-être est-il fait de mucine (*chlorures*), de gélatine (*phosphates*), de chondrine (*sulfates*), ou de quelque matière analogue, puisque d'après Hoppe-Seyler, Hofmeister, etc., toutes ces substances peuvent se transformer les unes en les autres.

Pour nous, il n'est pas douteux que le tissu connectif de la peau, la matière organique des ongles, des cheveux, ne soient constitués par une substance qui se rapproche de la chondrine. Je sais bien que les ongles, les cheveux et les écailles épidermiques contiennent une matière organique appelée *Kératine ;* mais la kératine des cheveux n'est pas la kératine des ongles, qui n'est pas elle-même la kératine de l'épiderme à ce qu'il apparaît

par l'analyse organique élémentaire qu'en ont donnée certains auteurs : Scherer, Mülder, etc.

Le tissu connectif de la peau serait composé, approximativement, d'après la nature de sa minéralisation de 80 p. 100 *d'une substance analogue au tissu chondrigène ;* de 13 p. 100 *de tissu collagène proprement dit*, et, de 7 p. 100 *de tissu analogue au tissu muqueux*.

La peau, dont les fonctions varient selon les espèces, est, pour l'homme, un organe puissant et particulier d'excrétion minérale ; nous venons de le constater ; la peau est un organe de protection par sa situation et sa constitution ; la peau est un organe de la sensibilité ; à ce titre, elle contient une quantité innombrable de nerfs dont la terminaison est admirablement disposée. Par ce que nous savons de la minéralisation du tissu nerveux, nous devons admettre qu'une partie de la magnésie que nous a révélée l'analyse, appartient au système nerveux cutané. Les poils et les ongles ne sont pas les seules annexes de la peau ; celle-ci possède des glandes qui sont encore des organes d'excrétion et d'hypotension vasculaire. Ces glandes sont de deux ordres ; elles s'appellent les glandes *sudoripares* et les glandes *sébacées*.

Sappey évalue à deux millions le nombre des glandes sudoripares chez l'homme ; les glandes

sudoripares sont plus développées chez le nègre que chez le blanc. Est-ce une nécessité de l'adaptation de l'individu au milieu ambiant ? C'est à démontrer, car les glandes sudoripares sont également fort développées chez certains animaux. Les glandes sudoripares sont des puits forés par l'épiderme entre les saillies papillaires du derme ; elles sont formées de longs tubes que les finalistes diraient tournés en spirale à leur extrémité libre pour les abriter contre les corps étrangers du dehors, et enroulés plusieurs fois sur eux-mêmes à leur extrémité sous-dermique pour multiplier les surfaces de contact avec la nappe liquide hypodermique.

Les glandes sudoripares sont-elles des organes de sécrétion ou des organes de filtration ? Quelques anatomo-histologistes n'hésitent pas, à cause de la qualité de leur revêtement épithélial interne et des transformations qu'il subit pendant la sécrétion de la sueur, à les considérer comme de vraies glandes en tous points comparables aux glandes salivaires ou gastriques. L'analyse minérale, vous vous en êtes déjà aperçu plusieurs fois depuis le commencement de ces leçons, n'est pas toujours en harmonie avec les données de l'histologie ; c'est le propre des sciences honnêtes, je vous le répète, de s'éclairer mutuellement ; or, l'analyse minérale

n'est pas aussi tranchante que l'histologie et voici pourquoi. Le liquide sécrété, j'aimerais mieux dire excrété par les glandes sudoripares n'est pas sans avoir quelque analogie avec l'urine ; il est vrai que d'aucuns prétendent, et non sans quelque apparence de vérité, que le rein est tout à la fois et un filtre et une glande. L'observation clinique qui a si souvent constaté la suppléance des fonctions rénales par les fonctions de la peau, ne contredirait certainement pas à notre manière de voir, si nous disions que les appareils sudoripares sont des reins périphériques dont la multiplicité supplée au volume, pas tout à fait, cependant, il s'en manque, car la surface sécrétante des glandes sudoripares représente le quart seulement de la surface de sécrétion des reins. En été, et dans certaines conditions, la transpiration l'emporte sur la sécrétion urinaire ; elle peut lui être égale en d'autres temps.

La forme et la contexture des glandes sudoripares varie chez les différentes espèces ainsi que leurs conduits excréteurs. Les glandes sudoripares sont très développées chez le cheval et leur conduit excréteur est rectiligne ; le rein aussi a une forme particulière chez le cheval ; il est en forme de cœur. Est-ce que, à propos de rein et de glande sudoripare, vous ne trouvez pas une certaine ressemblance de figure entre le tube urinifère et la glande

sudoripare enroulée sur elle-même? Unna (*Deutsch. med. Zeits.*, 1898) estime que les glandes sudoripares sont des organes puissants d'élimination des graisses.

La sueur, produit de la glande sudoripare, est un liquide acide, salin, contenant de l'urée, des ferments diastasiques, oxydases et hydrastases, des albuminates toxiques, des toxines parfois, des bases organiques. Mais, c'est apparemment de l'urine, cela!

Caractères communs à l'urine et à la sueur.

URINE	SUEUR
Réaction acide.	Réaction acide.
Acide urique.	Acide sudorique.
— phosphorique.	— phosphorique.
— sulfurique.	— sulfurique.
Chlore.	Chlore.
Chaux.	Chaux.
Magnésie.	Magnésie.
Potasse.	Potasse.
Soude.	Soude.
Urée.	Urée.
Néphrozymases.	Hidrozymases.

Composition minérale moyenne de la sueur.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique .	0 gr. 81
— sulfurique . . .	5 — 40
Chlore	31 — 31
Chaux.	0 — 64

Magnésie	0	gr.	002	
Potasse	38	—	15	
Soude.	20	—	45	
Urée	1	—	193	p. 1000 (*en volume*)
Azote total. . . .	0	—	633	—

Quelque ressemblance qu'elle ait avec l'urine, la sueur n'est pas de l'urine : par sa richesse en chlore et en bases alcalines, son acidité, elle se rapprocherait davantage de la sécrétion gastrique ; elle contient de l'urée, peu, mais encore assez pour qu'elle ne soit point un suc gastrique.

En 1891 (*Soc. de Biol.*, 31 octobre 1891) nous avons démontré la présence dans la sueur de trois ferments diastasiques : une amylase, une pepsine et une émulsine moins bien caractérisée que les ferments précédents ; une oxydase accompagne ces ferments (Carnot).

Qu'est-ce à dire, sinon que la sueur possède une minéralisation particulière ; qu'elle ne peut ressembler ni au suc gastrique ni à l'urine quoiqu'elle possède des chlorures abondants, de l'urée. La sueur est la sueur ; ses ferments diastasiques sont servis par le carbonate et le phosphate de chaux pour l'amylase, par les chlorhydro-sulfates pour la pepsine et par les carbonates alcalins, le carbonate sodique principalement, pour son émulsine.

Les ferments existent en fort petite quantité

dans la sueur; leur azote est représenté par 0 gr. 08 pour mille centimètres cubes de sueur.

La sueur est acide, et c'est aux sels qu'elle contient qu'elle doit son acidité.

Indépendamment des glandes sudoripares, la peau est encore perforée par une multitude de petits pertuis, orifices des conduits excréteurs des glandes sébacées.

Les glandes sébacées sont des glandes en grappe; elles sont moins nombreuses que les glandes sudoripares; elles ne se rencontrent point ni à la paume de la main, ni à la face palmaire des doigts, ni à la plante des pieds, ni à la face plantaire des orteils.

Les glandes sébacées s'ouvrent, pour la plupart, dans les follicules pileux; les autres s'ouvrent directement à la surface de la peau.

Les petites saillies que l'on observe sur l'aréole du mamelon pendant la grossesse sont le résultat du développement des glandes sébacés de cette région; elles sont connues sous le nom de *tubercules de Montgommery*.

Un grand nombre d'histologistes considèrent, avec Wirchow, que la mamelle est une réunion d'un grand nombre de glandes sébacées et que dans les *acini* de la mamelle, comme dans les *acini* des glandes sébacées, la sécrétion de la matière

grasse se produit par le même mécanisme histo-physiologique.

D'autres disent que, dans la sécrétion sébacée, les cellules se multiplient ; les plus profondes chassent les plus superficielles qui fabriquent les globules graisseux qu'elles déversent par éclatement dans la lumière des *acini;* dans la sécrétion lactée, au contraire, la cellule épithéliale ne disparaîtrait pas; le globule graisseux se formerait entre le noyau cellulaire et la partie de la cellule qui fait saillie dans l'*acinus;* gonflée par la matière grasse, la cellule s'ouvrirait dans sa partie libre et le protoplasme se reformerait en avant du noyau ; de nouvelles gouttelettes graisseuses naîtraient dans la cellule et seraient de nouveau versées par rupture nouvelle dans l'*acinus*. D'autres, encore, veulent que, au moment de la rupture de la cellule, le noyau cellulaire se dichotomise, qu'il forme deux noyaux secondaires dont l'un, superficiel, sera entraîné par les globules graisseux, et l'autre, plus profond, reconstituera la cellule. Je ne vous donne pas ces détails d'histologie pour vous les enseigner, vous les connaissez mieux que moi, mais pour que vous puissiez juger, tout à l'heure, par la comparaison de la minéralisation de la sécrétion sébacée et de la sécrétion mammaire, de la part de vérité que portent en elles, les trois, ou plutôt les deux

manières de comprendre la sécrétion lactée et la sécrétion sébacée.

Composition minérale moyenne de la matière sébacée ou sebum.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique	1 gr. 39
— sulfurique	15 — 23
Chlore	16 — 38
Chaux	1 — 86
Magnésie	0 — 90
Potasse	»
Soude	46 — 04

Composition minérale moyenne du lait.

	P. 100 de cendres.
Acide phosphorique	20 gr. 95
— sulfurique	0 — 15
Chlore	19 — 00
Chaux	14 — 28
Magnésie	1 — 42
Potasse	35 — 00
Soude	9 — 60
Fer	0 — 10

Le sebum contient deux fois plus d'oléine que de margarine. Le sebum du mouton ou *suint* est très riche en potasse, comme je vous le fis remarquer dans l'une des premières leçons de ce cours.

La minéralisation du lait diffère complètement de la minéralisation du *sebum :* les glandes mammaires ne sont pas des glandes sébacées ; le pro-

cessus de sécrétion du lait n'est point le même que le processus de sécrétion de la matière sébacée.

Comme l'a fait remarquer Ch. Robin, la sécrétion sébacée, est avec la sécrétion biliaire, la seule sécrétion connue qui commence avant la naissance. La sécrétion sébacée protège le fœtus contre la macération amniotique ; elle protège la peau contre la sueur. On ne connaît pas de modifications réflexes de la sécrétion sébacée; la sécrétion de la sueur, je vous en ai fourni un exemple fort remarquable chez le cheval en faisant la statique de l'eau, la sécrétion de la sueur augmente ou diminue sous l'influence d'une vive émotion; il paraît ne rien exister d'analogue pour la sécrétion sébacée.

La composition minérale du sebum et du lait sont tellement éloignées que je ne crois pas utile de vous retenir devant leur comparaison ; en l'état actuel des êtres, il est impossible de reconnaître une origine commune au lait et au sebum.

Nous terminerons ici l'analyse minérale de la peau et de ses annexes. Je suis convaincu que bon nombre d'éléments, fort petits en poids, ont échappé à notre analyse ; ces éléments sont peut-être d'une importance capitale dans la vie propre des différents appareils cellulaires.; mais telle qu'elle est, l'analyse minérale de la peau nous enseigne que les téguments extérieurs sont des organes puissants d'éli-

mination minérale ; d'où nous pouvons conclure que la vie de la peau est très active. La peau, mieux que le foie, possède la propriété d'éliminer les métaux, les métaux rares surtout, de l'organisme ; elle partage, avec le rein, la propriété d'éliminer de l'urée, de l'azote, sous forme d'albumine, et des sels en abondance.

Les sulfates alcalins sont les sels dominants de la minéralisation de la peau et de ses annexes ; aucune autre partie du corps n'élimine autant de soufre que la peau.

Le protoplasme naquit de la matière minérale, pour cette raison péremptoire qu'il ne pouvait pas naître d'autre chose. Dans la suite, le protoplasme s'individualise en se combinant aux oxydes métalliques ; ce fut le ferment ; ce fut la cellule.

La différenciation des organismes est le résultat : 1° de l'*aptitude minérale du protoplasme* ; 2° *du rapport de participation à la vie des éléments minéraux*.

Tels sont les deux principes que nous pouvons poser, en l'état actuel des choses de la nature, comme conséquences des nombreuses analyses que nous avons fait passer sous vos yeux depuis le commencement de ces leçons.

Prenons, en effet, la matière protéique des végétaux, des animaux, de l'homme ; elle est une ; ses

transformations, ses différents groupements moléculaires, ses isoméries sont adéquats à sa minéralisation ; les preuves en sont surabondantes.

Prenons la matière protéique dans sa composition qui paraît la plus délicate, la plus active, la matière protéique du ferment, que voyez-vous ? La diastase, l'albuminoïde diastasique isomérise le corps ternaire amidon et le corps pentaire fibrine, selon sa minéralisation. Vous voyez l'albuminoïde pepsique isomériser le corps pentaire fibrine et le corps ternaire amidon selon sa minéralisation.

La matière protéique s'use au contact de l'oxygène pendant les diverses étapes de la fermentation, étapes qui sont autant de réactions chimiques dites de double décomposition, et la matière protéique se réduit aux aux éléments primordiaux constitutifs de toute matière organique polymérisée par les végétaux ; la matière protéique se réduit en acide carbonique et en eau ; sous l'influence de la lumière, la matière minérale hydrolysée, le magnésium est un élément photolytique intense, reconstitue la matière organique par une suite de polymérisation des carbures ; la matière organique parcourt ainsi les contours de l'anneau toujours ouvert de la vie, sans cesse transformée par la matière minérale.

L'aptitude minérale du protoplasme, fut elle-même, un acte de différenciation. Comment cet acte

s'est-il accompli : je l'ignore. Comment la matière minérale participa-t-elle, dans des proportions arrêtées, harmonieuses, à la différenciation des cellules premières ? je l'ignore. Ce qui est certain c'est que l'aptitude minérale du protoplasme, c'est que le rapport de participation des éléments minéraux à la vie existèrent, plus ou moins accusés, dès l'origine des êtres, et qu'ils sont aujourd'hui caractéristiques des différentes colonies cellulaires, c'est-à-dire des différents tissus qui constituent les êtres animés.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ARTHUS. *Éléments de chimie physiologique.*

BEAUNIS. *Nouveaux éléments de physiologie humaine.*

BERTRAND et A. MALLÈVRE. *Recherches sur la Pectase.* (*Compt. rend.*, t. CXIX, CXX, CXXI.)

BERTRAND. *Laccase.* (*Compt. rend.*, t. CVIII, CXX, CXXI, CXXII, CXXIII.)

BASWITZ. *Deutsch chem. Geselsch.*, 1878, 1879.

BOEHM. *Influence de la matière minérale dans la germination du haricot d'Espagne.* (*Ann. agron.*, t. I.)

BOURQUELOT. *Ferments oxydants.* (*Compt. rend.*, t. CXXII, CXXIII. — *Compt. rend. Soc. Biolog.*, 10e série, t. II. — *Sociét. de Pharm. de Paris*, 4 novembre 1896, 3 février 1897.)

BOUSSINGAULT. *Mémoires de chimie agricole et de physiologie.*

CARNOT. *Ferment oxydant de la salive*, etc., etc. (*Société de Biol.*, mai 1896.)

CODEX. *Diastase.* (*Supplément*, 1895.)

COLIN. *Physiologie comparée des animaux.*

DEHÉRAIN. *Traité de chimie agricole.*

DEHÉRAIN et BRÉAL. *Influence des matières minérales dans la germination.* (*Ann. agron.*, t. IX.)

GADAMER. *Ueber glucoside des schwarsen und Weissen Senfs.* (*Apotheker Zeits.*, XI.)

A. GAUTIER. *Cours de chimie. Chimie biologique.*

GALIPPE et BARRÉ. *Le Pain.*

GERHARDT. *Traité de chimie organique.*

GOHREN (VON). *Die naturgesetze der Füsterung der landwirthschaftlichen nutz thiere.*

GRANDEAU, LECLERC, BALLACEY, ALEKAN. *Études expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait.*

HANRIOT. *Lipase.* (*Société de Biolog.*, 5 avril 1897.)

LAROUSSE. *Encyclopédie.*

LIENBERG (VON). *Influence des matières minérales dans la germination.*

LINOSSIER. *Peroxydases du pus.* (*Société de Biolog.*, 19 mars 1898.)

MUNCK et EWALD. *Die Ernahrung.*

MANOUVRIER. *Les variations du poids absolu et relatif du cervelet*, etc. (*Cong. de Besançon*, 1893.)

NOCARD. *Applications de la malléine.* (*Soc. centr. de médec. vétér.*, 14 avril 1892.)

PAYEN. *Art du brasseur.*

ISIDORE PIERRE. *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, 1860. — *Colza.*

PAYEN et PERSOZ. *Diastase. Ann. de chim. et de phys.*, t. LIII, LVI, LX et LXI.

ROBIN (CH.). *Leçons sur les humeurs.*

SANSON. *Traité de zootechnie.*

WOLFF (VON). *Tables* par L. Grandeau.

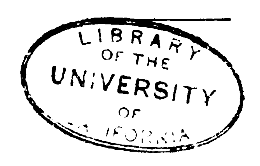


TABLE DES MATIÈRES



ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY




YB79596
121027
QP515
G3
V.2
BIOLOGY
LIBRARY
G
THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
Digitized by Google

